

PSYCHOPHYSISCHE
LEISTUNGSFÄHIGKEIT
VON STARKEN
ZIGARETTENRAUCHERN
UNTER RAUCH- UND
ENTZUGSBEDINGUNGEN

Gabriele Sigl

*Dies
München
1904*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Arbeitsphysiologie
der Technischen Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. W. Müller-Limmroth

PSYCHOPHYSISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT

VON STARKEN ZIGARETTENRAUCHERN

UNTER RAUCH- UND ENTZUGSBEDINGUNGEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Gabriele Sigl
aus
Hohenthann-Türkenfeld
1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. W. Müller-Limmroth

Mitberichterstatter:

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 06.12.1984

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
2. Rauchen und Rauchentzug	6
2.1 Pharmakologie und Physiologie des Rauchens	6
2.1.1 Chemische Zusammensetzung des Tabakrauches ...	6
2.1.2 Nikotin	9
2.1.2.1 Struktur und Eigenschaften	9
2.1.2.2 Pharmakokinetik und Metabolismus	12
2.1.2.3 Unmittelbare Wirkungen	16
2.1.2.4 Tachyphylaxie und Toleranz	23
2.1.3 Kohlenmonoxyd	24
2.1.3.1 Struktur und Eigenschaften	24
2.1.3.2 Pharmakokinetik und Wirkung	24
2.2 Motive für das Rauchen	26
2.2.1 "Rauchertypen"	26
2.2.2 Regulierung der Nikotinaufnahme	27
2.2.3 Gewohnheit, Abhängigkeit und Entzugssymptome .	29
2.3 Beeinflussung der Leistungsfähigkeit durch Tabakrauchbestandteile	33
3. Untersuchung der Wirkung des Rauchentzugs auf das Fahrverhalten	36
3.1 Fragestellung	36
3.2 Methodik	37
3.2.1 Versuchsanordnung	37
3.2.2 Versuchspersonen	39
3.2.3 Versuchsdesign	41
3.2.4 Auswertung	43

3.3	Ergebnisse	45
3.3.1	Leistungsgrößen	45
3.3.1.1	Verteilungsprüfung	45
3.3.1.2	Interdiane Veränderungen - Lernverlauf	46
3.3.1.3	Versuchsmittelwerte	48
3.3.1.4	Versuchsdurchgänge	51
3.3.1.5	Vergleich Vormittags-/Nachmittagsgruppe ...	53
3.3.2	Physiologische Größen	58
3.3.2.1	Versuchsmittelwerte	59
3.3.2.2	Versuchsdurchgänge	60
3.3.2.3	Versuchsprofile	62
3.3.2.4	Vergleich Vormittag-/Nachmittagsgruppe	66
3.3.3	Subjektive Daten	69
3.3.3.1	Eigenschaftswörterliste	69
3.3.3.2	Direkte Fragen	72
3.3.3.3	Rauchentzug	75
3.3.4.	Kontrolldaten	78
4.	Diskussion	80
5.	Zusammenfassung	85
6.	Anhang	87
7.	Literaturverzeichnis	91

1. Einleitung

"Wüste Menschen pflegen ... den Rauch von einer Pflanze, die sie Nicotiana oder Tabak nennen, mit unglaublicher Begierde und unauslöschlichem Eifer zu trinken und einzuschlürfen". So berichtete u.a. der kurpfälzische Gesandte Johann Joachim von Rusdorff im Jahre 1627 über die aus Amerika importierte Mode des Tabakrauchens in den Niederlanden. (SCHIVELBUSCH, 1980).

Der Spanier Hernandez de Oviedo hatte den Tabak 100 Jahre zuvor (1526) aus Mittelamerika nach Europa gebracht (HÖRATH, 1981) und um die Mitte des 16. Jahrhunderts führte Jean Nicot, ein französischer Gesandter am portugiesischen Hof und Leibarzt der Katharina von Medici, den Tabak als "Wunderkraut und Medizin" (HAUSMANN u. HAUSMANN, 1961) in Paris ein. Nach ihm hat man später den Hauptwirkstoff der Pflanze, das Nikotin, benannt.

Ein holländischer Medicus, J. W. Beintema, empfahl das Tabakrauchen im 17. Jahrhundert zur geistigen Anregung: "Einer, der studiert, muß notwendig viel Tabak rauchen, damit die Geister nicht verloren gehen, oder, da sie anfangen, langsamer umzulaufen, weshalb der Verstand sonderlich schwere Sachen nicht wohl faßt, wieder mögen erweckt werden, worauf alles klar und deutlich dem Geiste überliefert wird, und er es wohl überlegen und beurteilen kann" (HAUSMANN u. HAUSMANN, 1961).

Seit dem Dreißigjährigen Krieg, durch den der Tabak in ganz Europa bekannt wurde, trugen große Kriege zur raschen Ausbreitung der verschiedenen Formen des Rauchens bei. So gelangte z.B. die Zigarre durch die Napoleonischen Kriege zu großer Popularität, während im 19. Jahrhundert englische und französische Offiziere die Zigarette als "Papyrossi" von den Türken kennenlernten, als sie im Krimkrieg an deren Seite gegen die Russen kämpften. Zigarettenrauchen war in Spanien bereits im 18. Jahrhundert üblich. Es bedurfte aber des Um-

wegs über die Türkei und England bzw. Frankreich, um bei uns bekannt zu werden.

Heutzutage raucht man überwiegend Zigaretten, nicht zuletzt wegen der preiswerten Massenproduktion, die seit 1884, als die erste Maschine zur Herstellung von Zigaretten konstruiert wurde (BORBÉLY, 1963), gewährleistet war.

Abbildung 1 zeigt die Zunahme des Zigarettenkonsums im 20. Jahrhundert in Deutschland.

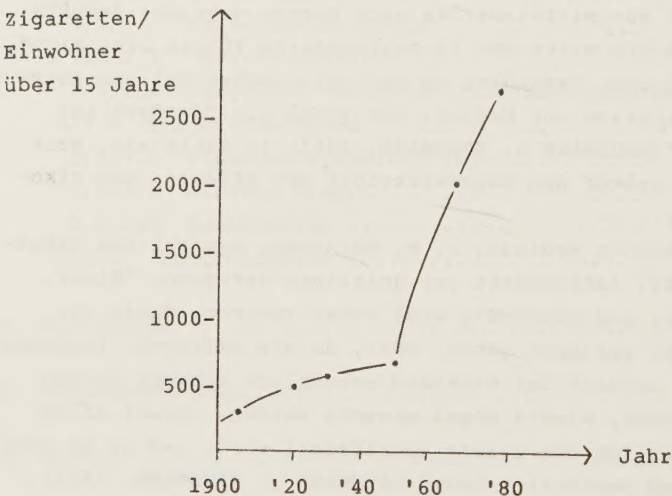


Abb.1 (nach JUNGE, 1980)

Während in den ersten fünf Jahrzehnten ein langsames, aber stetes Anwachsen des Verbauches an Zigaretten zu verzeichnen ist, kommt es in den fünfziger Jahren zu einem sprunghaften Anstieg (JUNGE, 1980).

Mikrozensusuntersuchungen¹⁾ im Auftrag des Bundesministeriums für Jugend, Familie und Gesundheit (N.N., 1980) ergaben, daß heute rund 30% der Bevölkerung rauchen (siehe Tabelle 1).

Tab.1

Zahl der Befragten :	54 463		
Zahl der Raucher :	13 658	=	25,1% (regelmäßig)
	2 910	=	5,3% (gelegentlich)
Früher geraucht :	3 123	=	5,7% (regelmäßig)
	1 298	=	2,4% (gelegentlich)
Nie geraucht :	32 956	=	60,5%
Ohne Angabe :	519	=	1,0%
Regelmäßige Raucher:			
Zigaretten: bis 20/die	9 994	=	73,2% *)
mehr als 20/die	2 785	=	20,4% **)
ohne Angabe	35	=	0,3%
Zigarren:	385	=	2,8%
Pfeife:	390	=	2,9%
ohne Angabe:	35	=	0,3%
*) Männeranteil: 6 375 = 63,8%			
**) Männeranteil: 2 224 = 79,9%			

Von 54 463 Befragten (über 10 Jahre) gaben 13 658 (rd. 25%) an, regelmäßig zu rauchen. Von diesen wiederum rauchen rd. 73% bis zu 20 Zigaretten pro Tag und rd. 20% mehr als 20 Zigaretten pro Tag. Der Männeranteil in den zuletzt genannten 2 Gruppen beträgt rd. 64% bzw. rd. 80%, d.h. die starken Raucher, die täglich regelmäßig mehr als 20 Zigaretten konsumieren, sind größtenteils Männer.

MOHL (1979) zufolge inhalieren rd. 76% der Zigarettenraucher, und zwar rd. 79% der Männer und rd. 72% der Frauen.

1) Mikrozensusuntersuchung = Repräsentativstatistik der Bevölkerung und des Erwerbslebens bei ca. 230 000 Haushalten (N.N., 1980)

Angesichts dieser Zahlen wird deutlich, daß das Rauchen heutzutage einen nicht unbedeutenden Stellenwert in unserer Gesellschaft einnimmt. Neben der potentiell gesundheitsschädigenden Wirkung des Rauchens, welche Gegenstand zahlreicher Untersuchungen ist, werden auch Auswirkungen auf die psychophysische Leistungsfähigkeit des Rauchers beschrieben.

So sollen z.B. im Straßenverkehr mehr Unfälle durch Raucher als durch Nichtraucher verursacht werden (TISCHENDORF, 1959; ADAMS u. WILLIAMS, 1966; Mc GUIRE, 1972).

Da unser derzeitiges Straßenverkehrsrecht kein allgemeines Rauchverbot am Steuer kennt, werden immer wieder Stimmen laut, die das bereits bestehende Rauchverbot bei gewerbsmäßiger Personenbeförderung darüberhinaus auf private Kfz-lenker ausgedehnt sehen wollen (SANDERS, 1976; SCHMIDT, 1974).

Die Diskussion über dieses Thema begrenzt sich nicht auf Fachzeitschriften und Tagungen (2. ADAC- Ärztekongress, 1975), sondern findet auch in Automobilzeitschriften (N.N., 1979) und Tageszeitungen (N.N., 1966; 1972; 1973; 1980 a u.b) statt.

Die Argumente der Befürworter eines Rauchverbots (SCHMIDT, 1974; SANDERS, 1976; LUCE u. SCHWEITZER, 1977) konzentrieren sich auf drei wesentliche Bereiche (vgl. JOST, 1965):

1. Verminderte Leistungsfähigkeit des Fahrers durch gesundheitsgefährdende Wirkungen bei chronischem Tabakgenuß (Herz- Kreislaufbeschwerden, Magenbeschwerden, Raucherbein, Tabakamblyopie, etc.)
2. Manipulationen des Rauchers beim Fahren, wie Anzünden, Abstreifen oder Ausdrücken von Zigaretten, wodurch die Aufmerksamkeit vermindert wird
3. Akut toxische Wirkungen der im Tabakrauch enthaltenen Substanzen, sowie deren Entzug beim gewohnheitsmäßigen Raucher.

An möglichen gesundheitsschädigenden Wirkungen des Rauchens mit ihren individuellen und volkswirtschaftlichen Folgen ist nicht zu zweifeln (US DEP. OF HEALTH AND WELFARE, 1967). Sie sollen nicht Gegenstand dieser Untersuchung sein.

Das "Zigarettenhandling" ist nach v. PUPKA (1977) im Fahrsimulatortest mit nur geringen Leistungseinbußen verbunden, die dem Bedienen eines Radiogerätes oder dem Essen eines Apfels vergleichbar sind. Obwohl durch Ablenkungseffekte im Zusammenhang mit dem Rauchen Unfälle möglich sind (SCHMIDT, 1974), kann das Anzünden einer Zigarette oder das Rauchen während der Fahrt, gemäß der derzeitigen Rechtsprechung, nicht als grob fahrlässig angesehen werden (SANDERS, 1976).

Mehrere Studien befassen sich mit der akuten Auswirkung der im Tabakrauch enthaltenen Schadstoffe auf Leistungen in Reaktions- und Trackingtests, Vigilanzaufgaben und Fahrsimulatortests. Die Ergebnisse sind nicht immer stimmig (vgl. Kap. 2.3).

Den Kritikern des Rauchverbotes am Steuer ist die leistungsbeeinträchtigende Wirkung der Tabakbestandteile bislang nicht hinreichend nachgewiesen. Sie führen vielmehr an, daß bei gewohnheitsmäßigen Rauchern gerade ein Rauchentzug zu einer Leistungs- und Konzentrationseinbuße führen könne (SCHERER, 1979). Derartige Leistungsminderungen wurden bei einigen psychomotorischen Tests beschrieben (z.B. CAILLÉ u. BASSANO, 1974; HEIMSTRA et al., 1967), andere Autoren konnten jedoch keine Unterschiede zwischen Rauch- und Entzugsbedingungen feststellen (z.B. SCHORI u. JONES, 1975).

Die vorliegende Arbeit soll aufgrund dieser Diskrepanzen dazu beitragen, die Wirkung des Rauchentzugs auf die psychophysischen Leistungen von starken Rauchern zu erforschen.

2. Rauchen und Rauchentzug

2.1 Pharmakologie und Physiologie des Rauchens

2.1.1 Chemische Zusammensetzung von Zigarettenrauch

Als Tabak bezeichnet man die getrockneten Blätter der im tropischen Amerika einheimischen Solanazeen, deren Hauptvertreter *Nicotiana tabacum* (siehe Abbildung 2) ist.



Erste europäische Darstellung der Tabakspflanze im Buche des Botanikers de Lobel, 1570

Abb.2 (aus HAUSMANN u. HAUSMANN, 1961)

Abbildung 3 illustriert den Ablauf des Tabakabrauches am Beispiel der Zigarette.

Nebenstromrauch

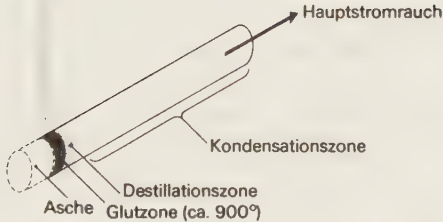


Abb.3

Schema des Abrauches von
Zigarettentabak (nach
FORTH, HENSCHLER u.
RUMMEL, 1983)

Durch den Sog am Mundstück wird die Glutzone auf ca. 900°C erhitzt. Dabei werden organische und anorganische Bestandteile unter Sauerstoffmangel thermisch zersetzt. Die gasförmigen Reaktionsprodukte vermischen sich in der dahinterliegenden Destillationszone mit Stoffen, die dort mit dem freiwerdenden Wasserdampf abdestillieren. Durch Abkühlung bildet sich ein Aerosol, in dessen wässriger Phase auch das Nikotin enthalten ist. Der größte Teil des Aerosols schlägt sich in der sog. Kondensationszone nieder, um mit dem Fortschreiten der Glutzone erneut abzudestillieren.

Zum Mundstück hin wird das Destillat immer konzentrierter, d.h. der Hauptstromrauch wird mit abnehmender Zigarettenlänge zunehmend nikotinhaltiger (FORTH, HENSCHLER u. RUMMEL, 1983).

Neben vielen Alkaloiden, von denen das Nikotin mit ca. 90% den größten Anteil hat (OPITZ u. HORSTMANN, 1981), kommen im Tabakrauch noch zahlreiche andere Substanzen vor. Man hat bisher rund 500 verschiedene Komponenten isoliert (GOODMAN u. GILMAN, 1980).

In Tabelle 2 sind die wichtigsten davon aufgeführt.

Tab.2

Die wichtigsten Bestandteile des Zigarettenrauches
(nach FORTH, HENSCHLER u. RUMMEL, 1983)

Partikelphase

Aliphatische Kohlenwasserstoffe	3-5%
Aromatische Kohlenwasserstoffe	1%
Karboxylverbindungen	8-9%
Alkohole (incl. Methanol)	5-8%
Ester	1%
Säuren	ca. 10%
Basen	1%
Nikotin und -verwandte	6-8%
Phenole	1-4%
Sterine	0,5-1%
Nitrosamine	ca. 1 µg/Zigarette

Gasphase

anorganische Bestandteile:

Kohlenmonoxyd, CO	4,2%
Ammoniak, NH ₃	0,03%
Stickstoffoxyde (NO, NO ₂)	0,02%
Blausäure, HCN	0,16%
Schwefelwasserstoff, H ₂ S	0,004%

organische Bestandteile:

niedere aliphat. Kohlenw.st.	} wechselnd nach Dampfdruck
niedere Ketone	
niedere Ester	
niedere Alkohole	
niedere Aldehyde	

Außerdem findet man Spuren von Schwermetallen (Metalle, deren spezifisches Gewicht größer als 5 ist), wie Kadmium, Chrom, Nickel, Arsen, Vanadium und radioaktiven Stoffen, wie ²¹⁰Po-

lonium, sowie das Karzinogen Benzpyren mit seinen Abkömmlingen (GOODMAN u. GILMAN, 1980; WIRTH u. GLOXHUBER, 1981; FORTH, HENSCHLER u. RUMMEL, 1983).

Der Nikotingehalt des Rauchtabaks schwankt von Sorte zu Sorte beträchtlich und liegt etwa im Bereich von 0,5 bis 8% (GOODMAN u. GILMAN, 1980). Zigarettentabak enthält durchschnittlich 1,2%, manche ausländische Sorten bis zu 5% Nikotin (WIRTH u. GLOXHUBER, 1981).

Der Rauch einer Zigarette ergibt ca. 6-8 mg des begehrten Alkaloids (GOODMAN u. GILMAN, 1980).

2.1.2 Nikotin

Als potentiell abhängig machender Bestandteil des Zigarettenrauches (BORBÉLY, 1963; KOZŁOWSKI, 1980; u.a.) steht das Alkaloid Nikotin im Mittelpunkt unseres Interesses.

2.1.2.1 Struktur und Eigenschaften

Abbildung 4 zeigt die Strukturformeln des Nikotins und verwandter, ebenfalls im Zigarettenrauch vorkommender Alkaloide, die jedoch weniger wirksam sind (OPITZ u. HORSTMANN, 1981; SCHIEVELBEIN, 1982).



NIKOTIN



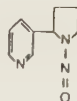
NORNIKOTIN



NICOTYRIN



ANABASIN



N'-NITROSO-NORNIKOTIN

Abb.4

Struktur der Tabakalkaloide (nach OPITZ u. HORSTMANN, 1981)

Nikotin ist eine farblose, flüchtige Base, die sich an der Luft braun verfärbt und Tabakgeruch annimmt. Das Molekül verfügt über ein asymmetrisches Kohlenstoffatom (C' in Abb. 4) und ist deshalb optisch aktiv. Das natürlich vorkommende Nikotin dreht polarisiertes Licht nach links und wird deshalb als (-)-Nikotin bezeichnet. Die beiden optischen Isomere, (-)- und (+)-Nikotin, scheinen jedoch dieselbe Wirksamkeit zu besitzen (GOODMAN u. GILMAN, 1980). Aus Tabelle 3 kann man entnehmen, daß (-)-Nikotin bei Raum- und Körpertemperatur flüssig ist, im physiologischen pH-Bereich von 7,4 größtenteils als einfach geladenes Kation vorliegt (siehe auch Abbildung 5) und sowohl fett- als auch wasserlöslich ist.

Tab. 3

Eigenschaften von (-)-Nikotin (nach OPITZ u. HORSTMANN, 1981)

Molekulargewicht	126,33
Schmelzpunkt	-79°C
Siedepunkt	247°C
Dichte	$d_4^{20} = 1,0097$
Basenkonstanten	$pK_1 = 10,96$
	$pK_2 = 6,16$
Verteilungskoeffizient	
Olivienöl/Ringerlösung (pH = 7,55)	0,39

Abbildung 5 zeigt die Ionisation der zweiwertigen Base Nikotin bei Körpertemperatur in Abhängigkeit vom pH-Wert.

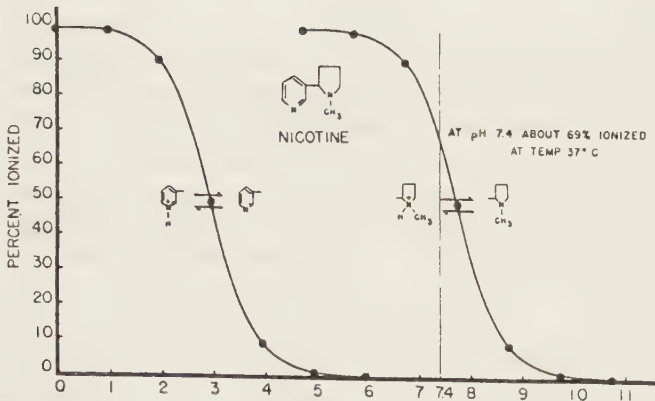


Abb.5

Ionisation von Nikotin als Funktion des pH- Wertes
(nach DOMINO, 1979)

Bei pH 7,4 liegt etwa 69% einfach positiv geladen:



und etwa 31% ungeladen:



vor.

Die zweiwertige Base reagiert in wässriger Lösung mit zunehmendem pH- Wert zunehmend neutral, d.h. die positive Ladung schwächt sich zunehmend ab.

Da die Permeabilität durch biologische Membranen mittels passiver Diffusion für neutrale Teilchen ungleich leichter ist als für geladene, nimmt die Nikotinresorption im Bereich der Mundschleimhaut mit steigendem pH- Wert des Tabakrauches zu. Aus alkalischem Zigarrenrauch (pH = 8,5) wird daher auf diesem Wege mehr Nikotin aufgenommen als aus dem relativ sauren Zigarettenrauch (pH = 5,3) (OPITZ u. HORSTMANN, 1981).

2.1.2.2 Pharmakokinetik und Metabolismus

Nikotin kann praktisch durch alle biologischen Membranen, sogar durch Haut, passiv diffundieren. Beim Zigarettenrauchen hat die Absorption über die Lunge die größte Bedeutung, sofern inhaliert wird. Wie schnell dies geschieht haben ARMITAGE et al. (1975) mit ^{14}C -Nikotinhaltigen Zigaretten an acht Probanden gezeigt. Das Inhalieren einer Zigarette führt zu einem kurzfristigen, steilen Anstieg der Nikotinkonzentration im arteriellen Blut und entspricht damit einer intra-arteriellen Infusion von Nikotin (siehe Abbildung 6).

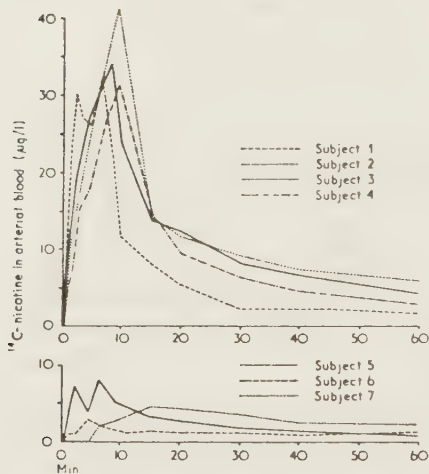


Abb.6

Arterielle Blutspiegel von ^{14}C -Nikotin bei regelmäßigen Rauchern mit (S.1-4) und ohne (S.5) Inhalation und bei Nichtrauchern (S.6,7) (nach ARMITAGE et al., 1975)

RUSSEL et al. (1980) verglichen die Plasmanikotinkonzentrationen eines inhalierenden Zigarettenrauchers, eines nicht inhalierenden Zigarrenrauchers, sowie einer Person, die nikotinhaltigen Kaugummi kaute, miteinander (siehe Abbildung 7). Es zeigte sich auch hier ein steiler Anstieg der Plasmanikotinkonzentration im Fall des inhalierenden Zigarettenrauchers, während im übrigen nur flache Kurvenverläufe zu verzeichnen sind. Nach ca. 70 Minuten sind die Nikotinspiegel jedoch bei allen Versuchspersonen mit etwa 20 ng/ml gleich hoch.

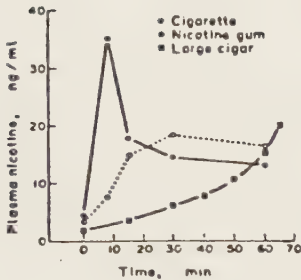


Abb.7

Vergleich der Plasmanikotinspiegel beim Inhalieren einer Zigarette, beim Rauchen einer Zigarre, sowie nach Kauen eines 4 mg Nikotin enthaltenden Kaugummis (nach RUSSEL et al., 1980)

Allgemein steigt die Nikotinkonzentration im venösen Blut während des Rauchens einer Zigarette kontinuierlich bis auf Werte zwischen 10 und 50 ng/ml an (ISAAC u. RAND, 1972; RUSSEL et al., 1980; OPITZ u. HORSTMANN, 1981). SCHIEVELBEIN und GRUNDKE (1968) ermittelten Werte zwischen 20 und 40 ng/ml. Der darauf folgende Konzentrationsabfall erfolgt zunächst rasch (HWZ = 2-4 Minuten), dann langsamer werdend. Die endgültige Elimination erfolgt mit einer Halbwertszeit von 86 bis 110 Minuten (ROSENBERG et al., 1980).

Bei chronischer Nikotinzufuhr wird die Eliminierung durch oxidativen Abbau (s.u.) bis zu 100% gesteigert, so daß die tödliche Nikotindosis von etwa 50 mg (entsprechend 20 bis 40 Zigaretten) durch Rauchen normalerweise nicht erreicht werden kann (LAMBRECHT, 1982).

ISAAC und RAND (1972) untersuchten darüberhinaus die Auswirkung von mehreren, im Abstand von 30 Minuten inhalierten Zigaretten auf den Plasmanikotinspiegel. Obwohl die aufgenommene Nikotinmenge/Zigarette und auch die maximale Nikotinplasmakonzentration nach jeder Zigarette bei beiden Versuchspersonen unterschiedlich war, zeigte sich doch dieselbe Tendenz in der Anreicherung des Nikotins (siehe Abbildung 8).

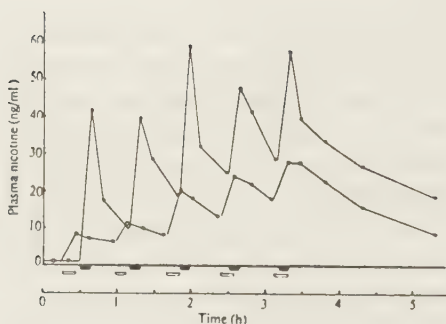


Abb.8

Kumulation von Nikotin im Plasma zweier Versuchspersonen beim Nacheinanderrauchen von fünf Zigaretten (nach ISAAC u. RAND, 1972)

Nikotin liegt im Plasma zum größten Teil (80%) frei vor, die restlichen 20% der Droge sind an Albumin, Phospholipide und Serumlipoproteine gebunden (SCHIEVELBEIN, 1982).

Die Affinität der Substanz zum ZNS ist sehr groß. Besonders hohe Konzentrationen findet man in der Hirnrinde, Medulla oblongata, Thalamus, Hypothalamus und Retina (SCHMITTERLÖW et al., 1967). Außerdem werden starke Anreicherungen in der Nebenniere, der Parotis, im Magen, in den C-Zellen der Schilddrüse, in den Langerhansschen Inselzellen und in der Niere beschrieben (STALHANDSKE et al., 1969; TSUJIMOTO et al., 1975; SLANINA et al., 1973).

Nur etwa 10% des Nikotins wird unverändert durch die Nieren ausgeschieden, der größte Teil wird vor allem in der Leber, aber auch in den Nieren und in der Lunge metabolisiert (OPITZ u. HORSTMANN, 1981; BORBÉLY, 1963; GOODMAN u. GILMAN, 1980). Die wichtigsten Abbauprodukte sind Cotinin, Nornikotin und Nikotin-1'-N-oxid (siehe Abbildung 9). Sie entstehen im menschlichen Körper durch Oxidation bzw. Demethylierung von Nikotin.



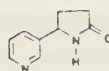
COTININ



NORNIKOTIN



NIKOTIN- 1'-N-OXID

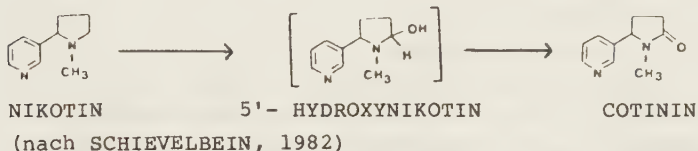


DEMETHYLCOTININ

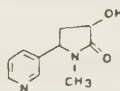
Abb.9

Hauptmetaboliten des Nikotin (nach OPITZ u. HORSTMANN, 1981 und SCHIEVELBEIN, 1982)

Der Hauptmetabolit Cotinin (BOWMAN et al., 1959; OPITZ u. HORSTMANN, 1981) ist als eines der ersten Abbauprodukte pharmakologisch gesehen bereits weitgehend inaktiv (SCHIEVELBEIN, 1968, S.46ff). Er entsteht durch Oxidation von Nikotin mit Hilfe von mindestens zwei Enzymsystemen (SCHIEVELBEIN, 1982). Zwischenprodukt ist möglicherweise 5'- Hydroxynikotin:



Der Pyrrolidinring des Cotinin scheint wiederum oxidiert zu werden, zumal 4- Hydroxycotinin: im Urin
von Rauchern gefunden wurde
(BOWMAN et al., 1959).



Weitere Abbauschritte beinhalten eine Sprengung des Pyrrolidinringes von Cotinin oder Demethyl- Cotinin (s. SCHIEVELBEIN, 1982, S.8).

Die N- Oxidation wurde ausführlich durch GORROD und JENNER (1975) beschrieben.

Ebenso wie Nikotin werden auch seine Metaboliten schnell und vollständig durch die Nieren eliminiert (GOODMAN u. GILMAN, 1980).

Die renale Exkretionsrate von Nikotin hängt sowohl vom pH-Wert des Urins (BECKETT et al., 1965; SCHACHTER, 1978), als auch vom Ausmaß des Urinflusses (BECKETT u. TRIGGS, 1966; FEYERABEND u. RUSSEL, 1978) ab. Im sauren Urin wird durchschnittlich mehr Nikotin/min ausgeschieden, als im alkalischen, weil bei hohem Urin- pH- Wert die Nikotinrückresorption in der Niere erleichtert ist. Zusätzlich dazu ist bei alkalischem Urin auch die Reabsorptionsrate in der Blase sehr hoch während bei einem Urin- pH- Wert unter 6 praktisch kein Nikotin mehr reabsorbiert wird (SCHIEVELBEIN, 1982).

Die Ausscheidung über Faeces, Galle, Speichel, Magensaft und Milch wurde in Tierversuchen nachgewiesen (SCHIEVELBEIN, 1982).

Nicotin- 1'- N- Oxid unterliegt einem enterohepatischen Kreislauf. Es wird biliär ausgeschieden, durch Darmbakterien zu Nikotin reduziert und als solches im Darm reabsorbiert (OPITZ u. HORSTMANN, 1981).

2.1.2.3 Unmittelbare Wirkungen

Im Gegensatz zu anderen Suchtmitteln beeinflusst Nikotin das Bewußtsein "weder in regressiver noch in progressiver Richtung" (BORBÉLY, 1963). Die Veränderungen, die im Körper nach dem Genuß dieser Droge auftreten, sind komplex und oftmals unvorhersehbar.

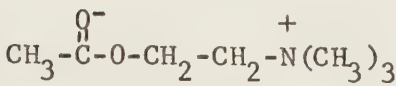
Im peripheren Nervensystem sprechen sowohl die somatischen als auch die vegetativen Anteile auf Nikotin an. Es handelt sich dabei in der Mehrzahl um nachgeahmte Acetylcholinwirkung (GINZEL, 1967) an folgenden Strukturen:

- autonome Ganglien
- neuromuskuläre Endplatte
- einige Sensorezeptoren.

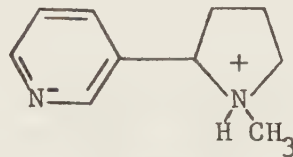
Nikotin depolarisiert wie Acetylcholin (Ach) die postsynaptische Membran aller autonomen Ganglien. Dies führt bei niedriger Dosierung zur direkten Erregung der sympathischen

und parasympatischen Ganglien. Längere Einwirkung oder hohe Dosen der Substanz erzeugen jedoch eine anhaltende Depolarisierung der postsynaptischen Membran und damit eine Blockade der ganglionären Übertragung (OPITZ u. HORSTMANN, 1981; GOODMAN u. GILMAN, 1980; GINZEL, 1967).

Abbildung 10 veranschaulicht die strukturelle Ähnlichkeit des Nikotins mit der Transmittersubstanz Ach im Hinblick auf die Verteilung der positiven und negativen Ladungen und deren Abstände zueinander.



ACETYLCHOLIN



NIKOTIN

Abb.10

Struktur der Moleküle Nikotin und Acetylcholin im Vergleich
(nach DOMINO, 1979, S.135)

Man nimmt an, daß in der postsynaptischen Membran Rezeptoren sitzen, die mit beiden Molekülen reagieren (nikotinartige Ach- Rezeptoren).

Die Wirkung an der neuromuskulären Endplatte des quergestreiften Muskels ist ähnlich, nur wird die Phase der Erregung weitgehend durch die rasch folgende, anhaltende Lähmung verdeckt (GOODMAN u. GILMAN, 1980). Experimentell läßt sich dies durch arterielle Injektion der Droge in der Nähe des Erfolgsorganes oder aber durch systemische Gabe hoher (toxischer) Dosen nachweisen (OPITZ u. HORSTMANN, 1981; GINZEL, 1967).

Außerdem stimuliert Nikotin eine Reihe von Sensorezeptoren, z.B. Mechanorezeptoren (Dehnungsrezeptoren von Haut, Mesenterium, Zunge, Lunge und Magen), Chemorezeptoren im

Glomus caroticum und in den Glomera aortica, Thermorezeptoren von Zunge und Haut, Schmerzrezeptoren.

Im Zentralnervensystem (ZNS) wirkt Nikotin stimulierend. DOMINO und YAMAMOTO (1965) verabreichten schlafenden Katzen 5-10 g Nikotin/kg und erreichten damit eine Aktivierung im EEG der Tiere, sowie deren Erwachen.

Hohe Nikotindosen erzeugen Tremor und Krämpfe, welche durch eine Reihe verschiedener Medikamente wie Antiparkinsonmittel, curareartige Mittel, Antikonvulsiva, β -Blocker und Hypnotika aufgehoben werden können. Besonders charakteristisch für Nikotin ist die atemstimulierende Wirkung: hohe Dosen beeinflussen direkt das Atemzentrum in der Medulla oblongata, während niedrige Dosen die Chemorezeptoren im Glomus caroticum und in den Glomera aortica erregen (GOODMAN u. GILMAN, 1980). Im Fall einer Nikotinvergiftung folgt auf die zentral-erregende eine hemmende Phase, die zur zentralen Atemlähmung und - in Verbindung mit der peripheren Paralyse der Atemmuskulatur - zum Tod führen kann.

Nikotinaufnahme kann Erbrechen bewirken. Als zentrale Ursache stellten LAFFAN und BORISON (1957) die Reizung der chemosensitiven Triggerzone in der area postrema der Medulla oblongata heraus. Daneben werden noch eine Reihe afferenter spinaler und vagaler Nerven erregt, die auf der sensorischen Seite des Brechreflexes eine Rolle spielen (GOODMAN u. GILMAN, 1980).

GINZEL (1967) hält die Abschwächung des Kniesehenreflexes bei niedriger Nikotindosierung in erster Linie für eine zentrale Wirkung: man nimmt an, daß Nikotin die zentralen Renshaw- Interneurone erregt, welche ihrerseits die Motoneurone hemmen. Bei höherer Dosierung kann jedoch auch die bereits beschriebene periphere Wirkung an der motorischen Endplatte eine Rolle spielen.

Die Freisetzung von Vasopressin (ADH) erfolgt durch Aktivierung des hypothalamisch- neurophysären Systems (GOODMAN u. GILMAN, 1980). Dazu genügt die Nikotinmenge, die beim Rauchen

einer einzigen Zigarette aufgenommen wird (durchschnittlich 2,5 mg) (BORBÉLY, 1963; BURN et al., 1945).

Die Herz- Kreislauwirkungen des Nikotin sind sowohl auf die Stimulierung der sympathischen Ganglien des Nebennierenmarks, als auch auf die Freisetzung von Katecholaminen aus postganglionären sympathischen Nervenendigungen und chromaffinen Geweben verschiedener Organe zurückzuführen (GOODMAN u. GILMAN, 1980) (siehe Abbildung 11).

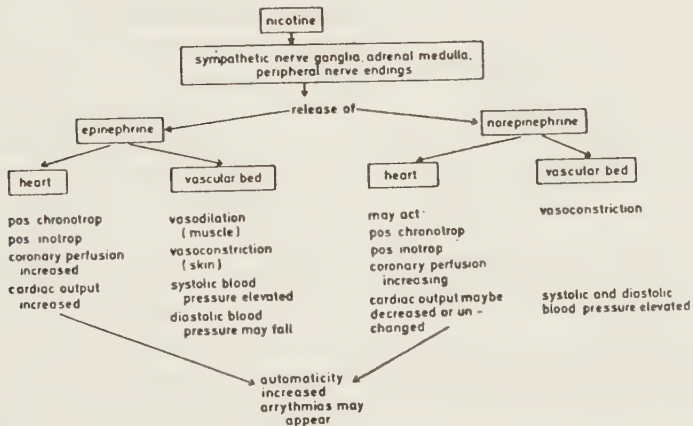


Abb.11

Herz- Kreislauwirkungen von Nikotin (nach SCHIEVELBEIN, 1979)

Die Wirkung ist nicht nur von der Dosis, sondern auch von der jeweiligen sympathischen und parasympathischen Aktivität zur Zeit der Einwirkung abhängig (OPITZ u. HORSTMANN, 1981). Daraus resultiert ein komplexes und z.T. auch widersprüchliches Antwortmuster des Körpers auf Nikotin.

Die Erregung der Chemorezeptoren im Glomus caroticum und in den Glomera aortica führt reflexartig zu Vasokonstriktion, Tachykardie und Blutdruckanstieg (GOODMAN u. GILMAN, 1980).

Herz- Kreislaufwirkungen stellen sich unmittelbar nach dem ersten Zug an der Zigarette ein und werden durch die nachfolgenden Inhalationen praktisch nur noch auf gleicher Höhe gehalten (FORTH, HENSCHLER u. RUMMEL, 1983) (siehe Abbildung 12).

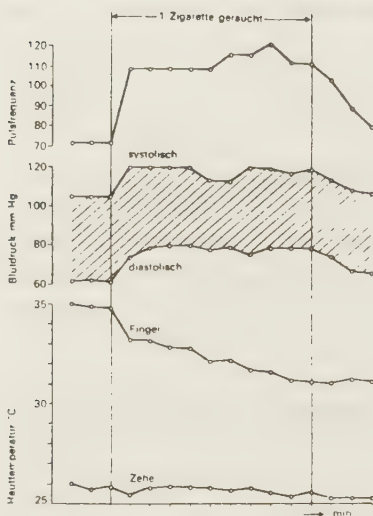


Abb.12

Veränderung von Puls,
Blutdruck und Hauttemperatur
beim Inhalieren einer
Zigarette (nach FORTH,
HENSCHLER u. RUMMEL, 1983)

Daß die akuten hämodynamischen Effekte des Zigarettenrauchens Nikotinwirkungen sind, haben SPOHR et al.(1980) gezeigt: Blutdruck und Herzfrequenz erreichten gleichzeitig mit den maximalen Plasmanikotinspiegeln Spitzenwerte, während sie beispielsweise vom COHb- Wert unbeeinflusst blieben.

Die Nikotinwirkung auf die Herzfrequenz wurde von zahlreichen Forschern untersucht. Die meisten Autoren berichten über eine Erhöhung der Herzfrequenz durch Rauchen bzw. anderweitige Nikotinapplikation bei der Mehrzahl der untersuchten Personen (LARSON u. SILVETTE, 1968, S.99ff; KLENSCH, 1973).

In wenigen Fällen wird über eine Abnahme oder ein Gleichbleiben der Frequenz berichtet (LARSON u. SILVETTE, 1968, S.99 ff). IRVING und YAMAMOTO (1963) beobachteten eine Sinustachykardie bei zwei Probanden, denen sie je 0,6 mg Nikotin i.v. verabreicht hatten.

Die Erhöhung der Pulsrate ist meist mit einem Anstieg des Herzminutenvolumens (HMV) bzw. des Schlagvolumens (SV) verbunden. So konnten u.a. EDMUNDOWICZ et al.(1964) an acht gesunden Medizinstudenten nach dem Rauchen einer Zigarette eine mittlere Erhöhung des HMV um 38%, der Herzfrequenz um 27% und des SV um 9% feststellen. Nach zwei Zigaretten lagen die entsprechenden Werte bei 44, 28 und 13%.

Die vasomotorische Steuerung der Blutgefäßweite erfolgt überwiegend durch das sympathische Nervensystem. Der Tonus der glatten Gefäßmuskulatur wird über α -Rezeptoren gesteigert (Vasokonstriktion) und über β -Rezeptoren gesenkt (Vasodilatation) (SCHMIDT u. THEWS, 1977, S.120f).

Nikotin verursacht fast immer einen Blutdruckanstieg durch Vasokonstriktion infolge Erregung von postganglionären sympathischen Neuronen in den Grenzstrangganglien und Freisetzung von Katecholaminen im Nebennierenmark (OPITZ u. HORSTMANN, 1981; LARSON u. SILVETTE, 1968, S.99 u.107ff; SCHIEVELBEIN, 1968, S.46ff). Nur Muskel-, Leber- und Herzgefäße reagieren durch ein Überwiegen von β - Rezeptoren mit Dilatation (SCHMIDT u. THEWS, 1977, S.120f).

Die Steuerung der Koronardurchblutung erfolgt vorwiegend durch lokal- metabolische und myogene Autoregulation (SCHMIDT u. THEWS, 1977, S.424). Beim Rauchen werden die Koronargefäße des Herzgesunden erweitert (KLENSCH, 1973; LARSON u. SILVETTE, 1968, S.105f).

Als gefäßverengender Faktor wurde die Ausschüttung von Vasopressin diskutiert (LARSON u. SILVETTE, 1968, S.106f), doch scheint auch unter Streßbedingungen - wozu auch das Rauchen gehört - die Konzentration dieses Hormons nicht die notwendige Höhe zu erreichen, um die Weite der Herzgefäße beeinflussen zu können (KLENSCH, 1973; SCHIEVELBEIN, 1968).

Die konstriktorische Wirkung des Nikotin auf die Hautgefäße wird durch den Abfall der Hauttemperatur beim Rauchen veranschaulicht. MIKSIC (1961) ließ 50 Raucher 12 Minuten lang zwei filterlose Zigaretten rauchen. Er fand dabei eine Abnahme der Hauttemperatur in verschiedenen Körperregionen, vor allem im Bereich der Finger. ZANNINI et al. (1963) zeigten an gesunden Probanden, daß nach einer gerauchten Zigarette die Hauttemperatur im Bereich der Finger auch noch einige Minuten nach Beendigung des Rauchvorganges fiel. Rauchen von zwei Zigaretten führte nicht zu einem stärkeren, sondern zu einem länger andauernden Temperaturabfall. ROTTENSTEIN et al. (1960) und BURCH u. DE PASQUALE (1961) erzielten eine prompte Reduktion der Hautdurchblutung durch i.v.- Gaben von Nikotin.

Die Nikotinwirkungen auf den Gastrointestinaltrakt sind hauptsächlich Folgen einer parasympathischen Stimulation. Tonus und Peristaltik des Darmes werden gesteigert und manchmal tritt Diarrhöe auf (GOODMAN u. GILMAN, 1980). Auch die Zunahme der Magensäuresekretion wurde beschrieben (OPITZ u. HORSTMANN, 1981).

Während beim geübten Raucher die Steigerung des Sympathikotonus im Vordergrund steht, werden beim Anfänger Sympathikus und Parasympathikus gleichmäßig erregt, was häufig zu intestinalen Beschwerden führt (KLENSCH, 1973).

Die Minderung des Appetits wird von den meisten Rauchern beobachtet, ohne daß es dafür eine ausreichende wissenschaftliche Erklärung gäbe (LARSON u. SILVETTE, 1968, S.155). Man vermutet lokale Auswirkungen auf die Geschmacksrezeptoren und die Schleimhautmucosa des Mundes und des ganzen oberen Verdauungstraktes. Möglicherweise spielt auch die hemmende Wirkung des Rauchens auf die Hungerkontraktionen des Magens eine Rolle (CHESSICK, 1964).

Die vermehrte Speichelsekretion beim Rauchen ist eher auf eine lokale Reaktion auf Rauchbestandteile zurückzuführen, als auf eine systemische Nikotinwirkung (GOODMAN u. GILMAN, 1980).

SPOHR et al.(1980) untersuchten die Auswirkungen des Nikotin auf verschiedene Stoffwechselparameter, wie Lactat, Blutzucker, freie Fettsäuren, Plasma- Dopamin β - Hydroxylase und Plasma- Cortisol. Es zeigten sich sofortige bzw. verzögerte, von der Nikotindosis abhängige Reaktionen. Der Anstieg des Blutzuckerspiegels und der freien Fettsäuren durch Nikotin ist wohl ausschließlich durch die Freisetzung von Katecholaminen bedingt (SCHIEVELBEIN, 1968, S.70ff).

2.1.2.4 Tachyphylaxie und Toleranz

Bei mehrfacher Applikation von Nikotin in kurzen Zeitabständen kommt es sowohl beim Raucher als auch beim Nichtraucher zu zunehmender Wirkungsverminderung. Dieser Schnellschutz, die sog. Tachyphylaxie, dauert etwa zwei Stunden lang an (BORBÉLY, 1963). Mögliche Ursachen dafür sind nach JARVIC (1979) die Besetzung der Nikotinrezeptoren (s.u.) durch Nikotin oder andere, durch die Droge freigesetzte Substanzen (z.B. Katecholamine etc.) oder aber die Entleerung der Katecholaminreservoirs.

Gewöhnung oder Toleranz tritt bei chronischer Nikotinzufuhr auf und geht mit einer verminderten Empfindlichkeit des Körpers gegenüber der Droge einher. Zur Erhaltung der Wirkung muß die Dosis gesteigert werden, mitunter um das 2-3-fache (BORBÉLY, 1963). Gewohnheitsraucher sind weniger empfindlich gegenüber unangenehmen Begleiteffekten des Rauchens, wie Nausea, Schwindel, Erbrechen, Schweißausbruch, Piloerektion und Tachykardie, sowie gegenüber Vasopressinfreisetzung und Veränderung des Elektroretinogramms (OPITZ u. HORSTMANN, 1981). Für individuelle Unterschiede macht man genetische Faktoren verantwortlich (JARVIC, 1979).

Die Toleranzerscheinungen werden auf Enzyminduktion durch andere Tabakbestandteile zurückgeführt, wodurch der Abbau des Nikotins und anderer Rauchsubstanzen beschleunigt vorstatten geht (BECKETT u. TRIGGS, 1967). Als starke Enzymin-

duktoren gelten die polyzyklischen, aromatischen Kohlenwasserstoffe, welche gleichzeitig starke Karzinogene darstellen. So bewirkt z.B. 3,4- Benzpyren die Bildung von Enzymen in den Lebermikrosomen (JARVIK, 1979).

OPITZ und HORSTMANN (1981) halten eine echte zelluläre Nikotintoleranz (true tolerance), also eine Anpassung des Organismus an eine immer wieder einwirkende Noxe, für wahrscheinlicher.

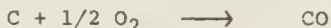
2.1.3 Kohlenmonoxyd (CO)

2.1.3.1 Struktur und Eigenschaften

Die Struktur des CO- Moleküls ist isoster mit dem Stickstoffmolekül (N₂):



Kohlenmonoxyd entsteht bei unvollständiger Verbrennung von Kohle und Kohlenstoffverbindungen:

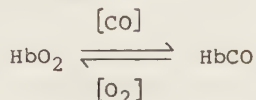


In reinem Zustand bildet es ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, das etwas leichter als Luft ist und mit blauer Farbe zu Kohlendioxyd, CO₂, verbrennt (WIRTH u. GLOXHUBER, 1981, S.148ff).

2.1.3.2 Pharmakokinetik und Wirkung

Die Giftigkeit des CO für den Säugetierorganismus beruht auf der im Vergleich zu Sauerstoff rund 300- fach stärkeren Affinität des CO- Moleküls zum Blutfarbstoff Hämoglobin ; es verdrängt den Sauerstoff reversibel aus dem Eisenkomplex des Häm. Dadurch fällt einerseits ein Teil des Hämoglobins für den Sauerstofftransport aus, was einer Anämie entspricht. Andererseits wird in Anwesenheit von CO die Dissoziationskurve des O₂Hb nach links und nach oben verschoben und aus der Sigmaform der Kurve wird eine hyperbolische Verlaufsform (LÜDERLITZ, 1972).

Die O_2/CO - Gleichgewichtsreaktion mit Hämoglobin stellt sich verhältnismäßig langsam ein:



Dabei besteht eine deutliche Abhängigkeit von der Intensität der Atmung: in Ruhe treten Vergiftungserscheinungen viel langsamer ein, als bei Schwerarbeit (WIRTH u. GLOXHUBER, 1981). Beim Rauchen wird der COHb- Anstieg im Blut am stärksten durch das Zugvolumen, weniger durch Zugzahl und Inhalationstiefe beeinflusst (GRUNDMANN, 1980).

Weniger als 1% des CO wird im Körper zu CO_2 oxidiert, der überwiegende Teil wird in unveränderter Form über die Lungen ausgeschieden. Dies ist aber nur möglich, wenn der CO- Partialdruck in der Atemluft geringer als in der Alveolarluft ist (LÜDERLITZ, 1972). Die biologische HWZ beträgt beim sitzenden Menschen (in Meereshöhe) 4-5 Stunden (STEWART, 1975).

Als hauptsächliche CO- Quelle des Menschen haben heutzutage, neben technischen Gasen, v.a. die Auspuffabgase der Automotoren und der Tabakrauch Bedeutung.

Nach WIRTH und GLOXHUBER (1981) findet man im Blut von Nichtrauchern maximal 4% COHb, bei mäßigen Rauchern 4,9-9% und bei starken Rauchern bis 14% COHb. WALD et al. (1978) untersuchten die COHb- Werte von 520 Rauchern und 1891 Nichtrauchern. Sie erhielten folgende Durchschnittswerte:

0,7% COHb (Nichtraucher)

4,0% COHb (Raucher, ohne Inhalation)

5,2%, 5,3%, 5,6% COHb (leichte, mittelstarke, tiefe Inhalation).

Die Auspuffabgase der Kraftfahrzeuge enthalten z.T. beträchtliche CO- Anteile, beim Benzinmotor z.B. im Leerlauf 4-11% und in voller Fahrt 1-5% (WIRTH u. GLOXHUBER, 1981).

Da die CO- Konzentrationen der Stadtluft mit der Dichte des Straßenverkehrs korreliert, nimmt es nicht Wunder, daß bei Stadtbewohnern im Durchschnitt um 1.3% höhere COHb- Spiegel festgestellt werden konnten als bei einer auf dem Land lebenden Vergleichsgruppe (SCHEIDEMANTEL u. DAUM, 1973).

2.2 Motive für das Rauchen

2.2.1 "Rauchertypen"

LUBAN-PLOZZA (1964 und 1970) und RUSSEL (1971) unternahmen den Versuch, die Masse der Raucher anhand unterschiedlicher Rauchmotive zu klassifizieren. Sie unterschieden folgende Gruppen:

- 1) den Gelegenheitsraucher, der raucht, um sich in langweiligen Situationen die Zeit zu vertreiben, um sich anzuregen und somit einer gewissen Situationsleere entgegenzuwirken,
- 2) den Genußraucher mit Betonung der oralen Komponente, der raucht, weil es ihm schmeckt, und zwar mit Vorliebe in Gesellschaft, der auf die Zigarette durchaus verzichten und zu Ersatzmitteln, wie Kaugummi etc., greifen kann,
- 3) den Mußraucher, der in Streß- oder Krisensituationen zu rauchen pflegt und damit versucht, Angst oder innere Unruhe abzuwenden,
- 4) den Suchtraucher, bei dem die Zigarette eine leichte Euphorie entsprechend einem kleinen Rausch ("trockene Trunkenheit") erzeugt und bei dem schon 20-30 Minuten nach dem Rauchen Entzugerscheinungen auftreten, die er zu vermeiden sucht. Daneben führt Russel noch eine Gruppe von Rauchern an, die hauptsächlich aus psychosozialen Gründen zur Zigarette greift. Gemeint sind v.a. Jugendliche, die in Gesellschaft rauchen, um anerkannt zu sein.

LANGEN (1978) unterteilt die Raucher in drei Gruppen:

- 1) den gelegentlichen Genußraucher, den man häufig unter den Zigarren- und Pfeifenrauchern, seltener unter den Zigarettenschmökern findet,
- 2) den psychisch abhängigen Raucher, der nicht zur Dosissteigerung neigt und bei dem nach Absetzen der Droge keine körperlichen Entzugerscheinungen auftreten, der auf das Rauchen meist ohne größere Schwierigkeiten verzichten kann,

falls es die Situation erfordert (z.B. im Kino, U- Bahn, etc.) und der beim Versuch, das Rauchen aufzugeben, mit Entziehungssymptomen zu rechnen hat, die auf Gewohnheitsbildungen beim Rauchen zurückzuführen sind,

3) den körperlich abhängigen oder süchtigen Raucher, der eine sich unter Umständen über Jahre hinziehende Dosissteigerung und eindeutige körperliche Entzugerscheinungen zeigt, und für den der "überwältigende Wunsch" bzw. das zwanghafte Getriebensein, die Noxe einzunehmen, typisch ist - gleichgültig wie die Umwelt darauf reagiert.

MYRSTEN et al. (1975) und WILLIAMS (1980) teilten die Raucher für ihre Versuche in zwei Gruppen ein, die "high arousal-" und die "low arousal-" Raucher. Erstere greifen definitionsgemäß vorwiegend in angespannt/aufregenden, letztere eher in langweilig/ermüdenden Situationen zur Zigarette. Es konnten signifikante Unterschiede in der psychophysischen Leistungsfähigkeit der beiden Gruppen festgestellt werden (s.u.).

2.2.2 Regulierung der Nikotinaufnahme

Raucht der regelmäßige Raucher des Nikotins wegen? Bei der Diskussion dieser Frage muß man wissen, daß der Nikotin- und Teergehalt der sich im Handel befindlichen Zigaretten sehr stark miteinander korrelieren (Korrelationskoeffizient = +0,91; SCHACHTER, 1979). Einigen Studien zufolge beeinflußt jedoch die Änderung des Nikotin- und nicht des Teergehaltes das Rauchverhalten (GOLDFARB et al., 1976; SCHACHTER, 1977). JARVIK (1977) und FRITH (1971) stellten fest, daß ihre Versuchspersonen von den angebotenen nikotinarmen Zigaretten in einem bestimmten Zeitraum anzahlmäßig mehr rauchten, als von solchen mit hohem Nikotingehalt. Außerdem wurde an den nikotinarmen Zigaretten öfter gezogen und die nikotinreichen Zigaretten wurden langsamer geraucht.

In Veröffentlichungen von GOLDFARB et al. (1970 und 1972) dagegen variiert die Anzahl der gerauchten Zigaretten nicht

signifikant, wenn man den Nikotingehalt bzw. die Länge der Zigaretten ändert. Es wurde jedoch außer Acht gelassen, daß der Raucher durch die Änderung verschiedener Rauchparameter, wie Zahl der Züge, Tiefe der Inhalation und Dauer der Rauchaufnahme, die Nikotinaufnahme variieren kann.

Eine große Anzahl namhafter Autoren ist sogar der Meinung, daß Raucher in der Lage sind, die Nikotinaufnahme selbst zu regulieren, was im angloamerikanischen Sprachraum als "nicotine titration" bezeichnet wird (RUSSEL et al., 1978; RUSSEL, 1979; SCHACHTER, 1977; GRITZ et al., 1976). Dies ist prinzipiell möglich durch Änderung der Zahl der gerauchten Zigaretten, Änderung der Menge an inhaliertem Rauch und Änderung der Zugfrequenz pro Zigarette.

GRITZ et al. (1976) boten 12 Rauchern ganze und halbe Zigaretten zum Rauchen an und stellten durch gaschromatographische Messung der Nikotinausscheidung im Urin fest, daß die Probanden aus den halblangen Zigaretten verhältnismäßig mehr Nikotin extrahierten, als aus den normal langen.

Ähnliche Ergebnisse erzielten HERNING et al. (1981), die 24 langjährigen Rauchern nach einer 8-10-stündigen Rauchabstinenz Zigaretten mit unterschiedlichem Nikotingehalt anboten. Bei gleicher Zahl und Dauer der Züge, sowie gleichem Zeitabstand zwischen den einzelnen Zügen, nahmen die Raucher aus der nikotinarmen (0,4 mg) Zigarette eindeutig tiefere Züge als aus der Zigarette mit mittlerem (1,2 mg) bzw. hohem (2,5 mg) Nikotingehalt.

Demgegenüber steht das Ergebnis der Arbeit von FORBES et al. (1976): 24 Raucher verschiedener Zigarettensorten rauchten eine Woche lang ihre gewohnte Sorte, dann zwei Wochen lang nikotinärmere Zigaretten gleicher Größe und anschließend wieder eine Woche lang die gewohnte Sorte. Die aufgenommene Nikotinmenge wurde anhand der verbliebenen Nikotinmenge im Filter ermittelt. Es zeigte sich, daß die Mehrzahl der Versuchspersonen weniger Nikotin zu sich nahmen, wenn sie nikotinärmere Zigaretten rauchten.

RUSSEL (1979) betont, daß die Regulation der Nikotinaufnahme "nach unten" beim Angebot von nikotinreicheren Zigaretten sehr genau funktioniert, wodurch exzessive Nikotinzufuhr vermieden werden. Dagegen ist die Kompensation eines niedrigeren Nikotinangebots weniger vollständig und auch weniger empfindlich.

RUSSEL et al. (1978) gehen davon aus, daß ca. 50% der Raucher ihre Verhaltensweisen beim Rauchen ändern, um die Nikotinaufnahme zu regulieren. Sie vermuten, daß Raucher, die weniger als eine Zigarette/Stunde inhalieren und dabei hohe Nikotinpeaks im Plasma erreichen, eher in die Gruppe der Genußraucher gehören. Suchtraucher, die mindestens eine Zigarette/halbe Stunde inhalieren, erreichen im Plasma nur relativ geringe Nikotinspitzenwerte im Vergleich zum Absolutspiegel. Das Hauptmotiv scheint hier die Aufrechterhaltung eines individuellen Nikotinplasmaspiegels zu sein. Die Autoren nehmen weiterhin an, daß die Genußraucher ihre Nikotinzufuhr v.a. durch Variation des Rauchverhaltens, weniger durch Variation der Zigarettenzahl steuern, während Suchtraucher möglicherweise beide Mechanismen benutzen. Diskrepanzen bei der Untersuchung der Regulation der Nikotinaufnahme mögen z.T. darin begründet sein.

2.2.3 Gewohnheit, Abhängigkeit und Entzugssymptome

Es gibt sicherlich zahlreiche Motive, die einen Menschen dazu bewegen, mit dem Rauchen von Zigaretten zu beginnen, wenngleich viele Raucher nicht genau erklären können, warum sie es taten. Nach RUSSEL (1971) werden 85% aller Jugendlichen, die mehr als eine Zigarette geraucht haben, zu regelmäßigen Rauchern. EYSENK (1963) zufolge sind Raucher aufgrund bestimmter Persönlichkeitsmerkmale zum Nikotinabusus prädisponiert. Sie seien mehr extrovertiert, beweglicher in ihrer Haltung, impulsiver, und ließen sich mehr vom Zufall leiten (SCHIEVELBEIN, 1967).

Eine große Rolle beim Erwerb der Rauchgewohnheit soll die Ausbildung von "bedingten Reaktionen", im Sinne von Pawlow, spielen. Wird nämlich das Rauchen von Zigaretten häufiger mit bestimmten anderen Tätigkeiten (wie z.B. Kaffeetrinken) kombiniert, so wird es im Laufe der Zeit damit assoziiert und der Raucher greift in solchen Situationen reflexartig zur Zigarette, bzw. erlebt einen Mangel an Zigaretten oder ein Rauchverbot als ausgesprochen unangenehm (SCHIEVELBEIN, 1967).

Es ist bekannt, daß aus der Gewohnheit zu Rauchen Abhängigkeit vom Rauchen bzw. der Droge Nikotin werden kann. "Abhängigkeit" ("dependence") beinhaltet sowohl psychische Abhängigkeit oder "Gewöhnung" ("habituation"), als auch physische Abhängigkeit oder "Sucht" ("addiction"). Dabei ist zu bedenken, daß nur eine Droge, eine chemische Substanz, in der Lage ist, Gewöhnung oder Sucht auszulösen, während eine Tätigkeit, wie das Rauchen, nur zur "Gewohnheit" ("habit") führen kann (LARSON u. SILVETTE, 1968, Kap.15).

VAN PROOSDIJ (1960) zufolge unterscheidet sich die Tabaksucht von anderen Drogensuchten (Alkohol, Morphin, Kokain) eher in quantitativer, denn in qualitativer Hinsicht.

Welche Wirkungen des Nikotins abhängig machen ist ungewiß. Man diskutiert die im EEG erkennbare Aktivierung, die muskelrelaxierende Wirkung, die Förderung von Gedächtnis und Aufmerksamkeit und die Dämpfung von Hungergefühl und Reizbarkeit (OPITZ u. HORSTMANN, 1981). Bemerkenswert ist das emotional ausgleichende Potential der Droge, die bei depressiver Ausgangssituation stimulierend, bei aufgeregter Stimmungslage jedoch beruhigend wirkt (SCHIEVELBEIN, 1967; GOLDING u. MANGAN, 1982), wodurch psychische Abhängigkeit entstehen kann.

SCHACHTER (1979) hat eine Gruppe von Nichtraucher, sowie verschiedene Gruppen von Rauchern bei unterschiedlichen Rauchbedingungen, dem Streß von Flugzeuglärm ausgesetzt.

Abbildung 13 zeigt das Ergebnis: Wenn starke Raucher ohne Einschränkung Zigaretten mit hohem Nikotingehalt rauchen können, sind sie in etwa belastbar wie die Gruppe der Nicht-raucher; werden ihnen jedoch keine Zigaretten oder solche mit niedrigem Nikotingehalt angeboten, fühlen sie sich durch den Lärm erheblich stärker gestört. Die Gruppe der beherrschten Raucher, welche sich aufgrund gesundheitlicher oder anderer Bedenken selbst im Rauchen einschränken, zeigte sich bei jeder Bedingung stark irritierbar, während sich die Raucher, die von sich aus und ohne Zwang sehr wenig rauchen, jeweils wenig gestört fühlten.

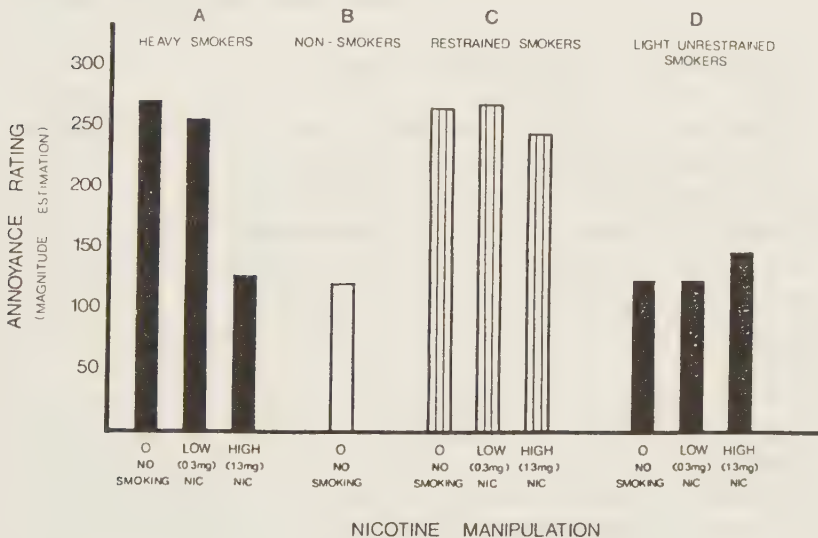


Abb.13

Die Auswirkung des Nikotinentzugs auf die Lärmtoleranz
(nach SCHACHTER, 1979)

Das Auftreten von Entzugserscheinungen bei Abstinenz ist ein wichtiges Kriterium für den abhänigmachenden Prozeß des Rauchens. Charakteristisch für das Tabakentzugssyndrom ist,

daß Art, Schwere und Dauer von Fall zu Fall stark variieren können. Mit SHIFFMAN (1979) und RUSSEL (1971) unterscheiden wir zwischen objektiven und subjektiven Symptomen (siehe Tabelle 5).

Tab.4

Entzugssymptomatik (nach SHIFFMAN, 1979 u. RUSSEL, 1971)

objektiv:

Verminderung der Herzfrequenz

Verminderung des diastolischen Blutdrucks

Verminderung der Adrenalin- und Noradrenalinausschüttung
(MYRSTEN et al., 1977)

Verminderung des Wachheitszustandes im EEG

Zunahme des Körpergewichts

Abnahme der Leistungsfähigkeit in psychomotorischen Tests
(HEIMSTRA et al., 1967)

Anstieg der Hauttemperatur (MYRSTEN et al., 1977)

Abfall der Konzentration an COHb (ROSENBERG, 1972)

Zunahme von Aggression und Feindseligkeit im psychologischen Test (SCHECHTER u. RAND, 1974)

subjektiv:

Übelkeit

Kopfschmerzen

Obstipation

Diarrhöe

verstärkter Appetit

Schläfrigkeit und Müdigkeit

Schlaflosigkeit und andere Schlafstörungen

Konzentrationsschwierigkeiten

Depressionen

Reizbarkeit und Angst

Rastlosigkeit

Starkes Verlangen nach Tabak

SHIFFMAN (1979) untersuchte anhand von Fragebögen die tageszeitlichen Schwankungen des Verlangens nach Tabak beim Rauchentzug und verglich sie mit dem täglichen Zigarettenkonsum Britischer Büroangestellter, sowie mit der tageszeitlichen Rückfallquote bereits abstinenter Raucher. Er erzielte dabei sehr ähnliche Kurvenverläufe, welche er auf tageszeitliche Schwankungen im Stoffwechselgeschehen des Rauchers, oder aber auf tageszeitliche Schwankungen im sozialen Umfeld des Rauchers zurückführt.

SCHACHTER (1978) erklärt die Variation im Rauchverhalten durch unterschiedliche renale Nikotinausscheidung in Abhängigkeit vom Urin- pH- Wert. So erniedrigt z.B. Streß den pH- Wert des Harns und erleichtert damit die renale Exkretion des Alkaloids, woraus ein verstärktes Rauchverlangen resultiert.

Rauchentzugssymptome dürfen jedoch nicht allein auf den Entzug von Nikotin zurückgeführt werden. STEPNEY (1980) zufolge spielt auch der Verlust eines "gewohnten und geliebten Objektes", welches dem Raucher in der Gesellschaft zu einem bestimmten Image verholfen hat, eine große Rolle.

2.3 Beeinflussung der Leistungsfähigkeit durch Tabakrauchbestandteile

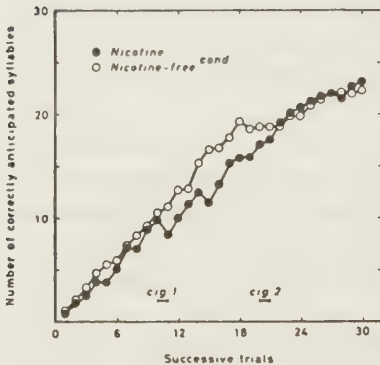
Im Tierversuch erleichtert Nikotin in der Regel das Lernen. Nach BÄTTIG (1980) treten in Leistungstesten Verbesserungen um so eher auf, je geringer die Anforderungen an das Tier sind; sie verschwinden oder können sogar ins Gegenteil umkehren, wenn das Tier zu einem hohen Leistungsniveau gezwungen wird. Die Ergebnisse analoger Experimente am Menschen sind meist bescheiden. Größere Leistungsunterschiede erhält man, wenn man deprivierte Raucher mit nicht deprivierten vergleicht.

ANDERSON und POST (1974) untersuchten das Auswendiglernen

von Vokabeln an 12 Gewohnheitsrauchern. Dabei wurde der Test einmal durch das Rauchen einer nikotinhaltenen Zigarette unterbrochen, im anderen Fall durch das Rauchen einer nikotin-

Abb.14

Anzahl richtig wiedergegebener Vokabeln beim Rauchen nikotinhaltiger bzw. nikotinfreier Zigaretten (nach ANDERSON u. POST, 1974)



freien Zigarette. Wie Abbildung 14 zeigt, nahm die Zahl der richtigen Antworten unter Nikotin ab, außerdem wurde mehr Zeit zum Lernen beansprucht. Nach der zweiten Zigarette kehrte sich das Bild um: die Lernleistung wurde bei Verwendung von nikotinhaltenen Zigaretten signifikant verbessert.

Der Einfluß von Kohlenmonoxyd auf verschiedene psychophysische Leistungsparameter wird seit Jahren vielfach und mit recht widersprüchlichen Ergebnissen untersucht. Direkte Vergleiche der Arbeiten sind meist schwierig, da die Versuchsbedingungen variieren. Tabelle 4 (siehe Anhang) zeigt in einer Übersicht die wichtigsten Experimente zu diesem Thema.

Die Diskrepanz der Ergebnisse ist sehr groß, nicht zuletzt wegen der z.T. großen Unterschiede bei der Versuchsgestaltung.

Die spektakulären Ergebnisse von BEARD und WERTHEIM (1967), die bereits bei sehr niedrigen CO- Konzentrationen in der Atemluft eine starke Verschlechterung der Zeitwahrnehmung und -abschätzung ihrer Versuchspersonen feststellten, konnten von mehreren anderen Forschern nicht bestätigt werden (MIKULKA et al., 1970; O'DONNELL et al., 1971; STEWART et al., 1973). BEARD selbst mußte drei Jahre später, 1970, eingestehen, daß bei der Anwendung eines Doppelblindverfahrens die Ergebnisse nicht reproduzierbar sind (Lit. bei STEWART, 1975).

3. Untersuchung der Wirkung des Rauchentzugs auf das Fahrverhalten

3.1 Fragestellung

Bei der Untersuchung des Fahrverhaltens von Versuchspersonen besteht grundsätzlich das Problem der Komplexität der zu messenden Zielgröße "Fahrleistung". Einerseits kann bei unkontrollierten Felduntersuchungen diese Größe wegen ständig wechselnder Bedingungen nicht exakt und reproduzierbar ermittelt werden, andererseits ist es unmöglich mit Fahrsimulatoren die reale Verkehrswelt mitsamt ihren Gefahrenquellen so nachzuahmen, daß die Versuchspersonen sie als echt akzeptieren; d.h. die Validität ist hier vermindert.

Dazu kommt, daß das Autofahren nicht die gesamte Leistungsfähigkeit des Fahrers beansprucht (MÜLLER- LIMMROTH, 1968; LINNOILA, 1974) und deshalb meßbare Fahrfehler in normalen Fahrsituationen nicht zu erwarten sind. Die Kombination widriger Umstände, z.B. Mängel am Fahrzeug, unzureichende Straßenverhältnisse, schlechte Witterungsbedingungen, etc., kann jedoch sehr schnell zur Überforderung des Menschen und damit zur Erhöhung der Unfallgefahr führen.

In der vorliegenden Arbeit wird aus diesen Gründen nicht der Gesamtkomplex des Autofahrens in Abhängigkeit vom Rauchen untersucht. Vielmehr soll die psychophysische Leistungsfähigkeit als ein wesentlicher Bestandteil der Anforderung an eine Fahrtätigkeit im Mittelpunkt des Interesses stehen, und zwar mit folgenden Schwerpunkten:

1. Wie wirkt sich ein mindestens 6- stündiger Rauchentzug bei starken Rauchern auf die Fähigkeit aus
 - a) auch bei Ermüdung genau zu regeln
 - b) auf optische Signale schnell und richtig zu reagieren?
2. Wie wirkt sich ein Entzugsabbruch während des Versuchs aus?
3. Wie verändern sich die physiologischen Meßgrößen?
4. Welche subjektiven Auswirkungen des Rauchentzugs sind bei den Versuchspersonen festzustellen?

3.2 Methodik

3.2.1 Versuchsanordnung

Der Versuchsstand befand sich in einem abgeschlossenen, vollklimatisierten und schallisolierten Raum und war im wesentlichen der Innenausstattung eines Kraftfahrzeugs angepaßt: verstellbarer Autositz, Lenkrad mit seitlicher Begrenzung der Auslenkung (Winkelbereich 270°) und Fußpedale, die bequem mit dem rechten Fuß zu bedienen waren. Versuchsdurchführung und -steuerung waren räumlich voneinander getrennt. Der Testraum konnte vom Versuchsleiter eingesehen werden, und zwischen beiden Räumen bestand Sprechverbindung. Um hohe Objektivität zu gewährleisten, wurde die Steuerung des Versuchsablaufes weitgehend automatisiert. Abbildung 15 zeigt schematisch die Versuchsanordnung.

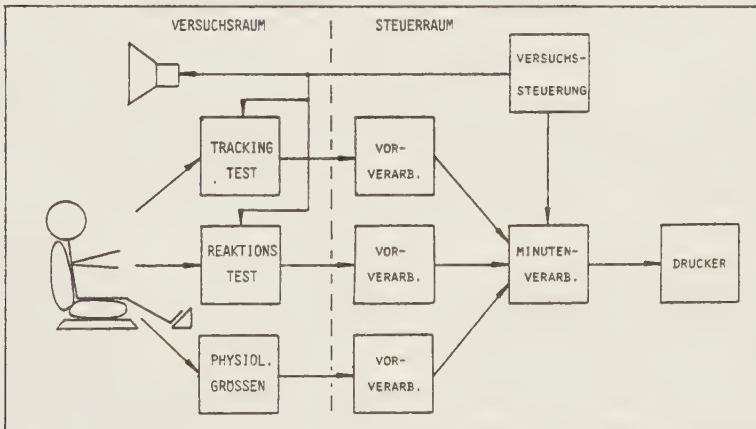


Abb.15 Schematische Darstellung der Versuchsanordnung

Die optischen Testaufgaben wurden einerseits auf einem Bildschirm (45 cm Diagonale), der in einem Abstand von 1,30 m knapp unterhalb der Augenhöhe der Probanden aufgestellt war, abgespielt und andererseits mittels farbiger Glühlampen über dem Bildschirm dargeboten. Die Versuchspersonen mußten in einem ausgewogenen Arbeits- und Pausenverhältnis einen Tracking- und/oder Reaktionstest im Versuchsraum absolvieren. Die ermittelten Leistungsgrößen wurden dann zusammen mit den gleichzeitig gewonnenen physiologischen Daten im Steuerraum verschiedenen Vorverarbeitungseinheiten zugeführt. Anschließend wurde in einer weiteren Einheit im Abstand von jeweils 1 Minute ein Summen- oder Mittelwert errechnet und zur Dokumentation ausgedruckt.

a) Tracking-Test

Bei dem Pursuit-Tracking-Test bestand die Aufgabe darin, eine auf einem Bildschirm hin- und herschwingende Linie mit einem Lenkrad nachzuführen.

Als Führungsgröße konnte wahlweise eine Rauschvorgabe oder eine - von der Tacking-Leistung der Vpn. abhängige - Sinusschwingung eingestellt werden. Die Sinusfrequenz wurde also abhängig vom erreichten Fehlerscore gesteigert und bei Erreichen eines festgelegten Grenzwertes wieder auf den Anfangswert zurückgesetzt. Ein solches adaptives System hat den Vorteil, daß ein unterschiedliches Leistungsvermögen von den Probanden scharf differenziert werden kann. Bei einer guten Leistung war das System leichter "im Griff zu halten", bei einer schlechten "lief es davon".

Sowohl die Führungs- als auch die Nachführgröße wurden auf einem Display als unterbrochene, mit konstanter Geschwindigkeit nach unten wandernde senkrechte Linien dargestellt, die im Falle einer optimalen Regelung als Geraden erschienen. Als Regelfehler wurde der Abstand zwischen den Linien kontinuierlich ermittelt und aufsummiert. Die erreichte Fehlermenge wurde auf den Wert bezogen, der sich ohne Zutun der Vp. einstellte (= Leerwert). Dieser Quotient wurde "Regelfaktor" genannt.

b) Reaktionstest

Im Reaktionstest wurden in jeder Minute (wahlweise einstellbar) 2 oder 8 kurz eingeschaltete rote oder grüne Lampen der Vp. angeboten. Die Verteilung der Reize innerhalb einer Minute und die Wahl der Signalfarbe erfolgten zufällig. Die Vpn. hatten durch Betätigen entsprechender Fußpedale richtig und möglichst rasch zu reagieren.

In diesem Test wurden

die durchschnittliche Reaktionszeit richtiger Reaktionen,
die Anzahl übersehener Reize,
die Anzahl falscher Reaktionen und
die Anzahl irrtümlicher Reaktionen

erfaßt. Die jeweilige Fehlerrate wurde auf die Gesamtzahl der dargebotenen Reize bezogen.

c) Physiologische Meßgrößen

Parallel zur Erfassung der Leistungswerte wurden folgende physiologischen Parameter ermittelt, auf Minutenbasis verarbeitet und ausgedruckt:

die Herzfrequenz
die Variabilität der Herzfrequenz (Sinusarrhythmie),
die Bewegungsaktivität,
der Basis-Hautleitwert und
die Hautleitwert-Reaktionen.

Die Herzfrequenz ergab sich aus dem über Brustwandelektroden abgeleiteten EKG. Die Summe der Differenzen zwischen aufeinanderfolgenden Schlag-zu-Schlag-Frequenzen führte zum Arrhythmiewert. Artefakte konnten durch aufwendige Schaltungen praktisch ausgeschlossen werden. Die Bewegungsaktivität wurde mit dreidimensionalen Beschleunigungsaufnehmern erfaßt.

Der Hautleitwert wurde über ein Elektrodenpaar an den Handinnenflächen gemessen. Das verstärkte und gefilterte Signal lieferte den Basiswert. Daneben wurden die dem Basiswert überlagerten raschen Schwankungen ausgefiltert und verstärkt. Mit einer Erkennungsschaltung wurden die Reaktionen, die emotionale Einflüsse anzeigen und eine bestimmte Form haben, aus gesucht.

3.2.2 Versuchspersonen

Die Versuche wurden mit 24 männlichen Rauchern im Alter von 24- 35 Jahren durchgeführt, die einem größeren Kollektiv aus Rauchern und Nichtrauchern entstammten (vgl. KRAFFT, 1984). Das Versuchskonzept verlangte von den Probanden persönliches Engagement, z.B die Bereitschaft, sich an 7 Tagen mehrere Stunden lang den Test- und Trainingsfahrten auszusetzen, oder die Bereitschaft das Rauchen vorübergehend einzustellen. Dadurch fand automatisch eine gewisse Selektion statt, so daß womöglich bestimmte Persönlichkeitsmerkmale in dem Raucherkollektiv anders verteilt waren, als in einer zufälligen Auswahl von Personen. In der vorliegenden Arbeit hatte diese Selbstselektion jedoch kaum Bedeutung, da ja Leistungsunterschiede bei ein und der selben Gruppe von Vpn. in Abhängigkeit vom Rauchen zu untersuchen waren. In Tabelle 5 sind die persönlichen Daten und das Rauchverhalten der Probanden zusammengestellt.

Tab.5

Persönliche Daten und Rauchverhalten der Versuchspersonen

Lebensalter:	27,6 + 2,8	Jahre
geschätzte Fahrpraxis in den letzten 2 Jahren:	29 000 + 13 000	km/Jahr
geschätzte Gesamtfahrleistung:	250 000 + 200 000	km
Autobesitz:	22	Vpn.
Taxifahrer:	8	Vpn.
geschätzter Zigarettenkonsum:	27,2 + 7,8	Zig./Tag
Rauchdauer:	11 + 3	Jahre
Kontrolle des Zigarettenkonsums		
nie:	5	Vpn.
manchmal:	14	Vpn.
immer:	5	Vpn.
Tageszeit des vorwiegenden Konsums		
Vormittag:	1	Vp.
Nachmittag:	0	Vp.
Abend:	10	Vpn.
Nacht:	1	Vp.
gleichmäßige Verteilung:	12	Vpn.
1. Zigarette am Tag		
vor dem Frühstück:	8	Vpn.
nach dem Frühstück:	16	Vpn.
später:	0	Vp.

Eine jährliche Fahrpraxis von mindestens 15000 km in den letzten beiden Jahren war Bedingung für die Aufnahme ins Kollektiv, um zu gewährleisten, daß alle Vpn. gut mit dem Autofahren vertraut waren. Außerdem sprach auch die Tatsache, daß fast alle Vpn. ein eigenes Auto besaßen und ein Drittel als Taxifahrer arbeitete, für einen hohen Übungsgrad. Eine weitere Bedingung war das langjährige und regelmäßige Inhalieren von mindestens 20 Zigaretten pro Tag. Die Durchschnittswerte in der vorliegenden Studie lagen bei 27,2 Zigaretten/Tag bzw. 11 Jahre Rauchdauer. Die Mehrheit der Probanden (14 Vpn.) kontrollierte ihren Zigarettenkonsum gelegentlich, jeweils 5 Vpn. gaben überhaupt keine bzw. eine ständige Kontrolle an. 10 Vpn. erklärten, vorwiegend abends zu rauchen, jeweils eine Hälfte hatte den stärksten Konsum vormittags bzw. nachts, während die übrige Hälfte des Kollektivs den Konsum gleichmäßig über den Tag verteilte. Ein Drittel der Vpn. rauchte die erste Zigarette vor dem Frühstück, zwei Drittel direkt nach dem Frühstück.

Zur Kontrolle des angegebenen Raucherverhaltens wurden vor der Versuchsserie venöse Blutproben gewonnen und auf den CO- gebundenen Anteil hin untersucht. Nur Raucher, deren COHb- Wert deutlich über durchschnittlichen Nichtraucherwerten lag, wurden ins Kollektiv aufgenommen. Abbildung 16 zeigt die Spannweite der gemessenen COHb- Anteile im Blut der Raucher im Vergleich zu gleichzeitig ermittelten Nichtraucherwerten.

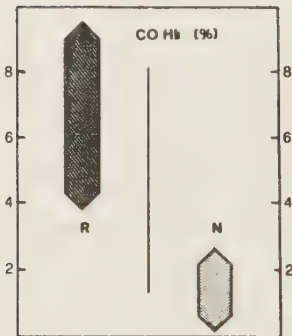


Abb.16
Spannweite der COHb- Werte
im venösen Blut bei Rauchern
und Nichtrauchern

Tab.6
Ergebnisse der biochemischen Analysen

	MW	SA	Spann- weite
COHb (%)	5,60	1,45	3,8-9,5
Nik.(ng/ml)	2,07	1,87	0,8-8,4
pH-Wert	6,16	0,75	5,3-8,2

Außerdem wurde an einem Versuchstag das im Harn ausgeschiedene Nikotin und der Urin-pH- Wert ermittelt. Tabelle 6 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen und Spannweiten der gemessenen biochemischen Größen. Aus ihnen läßt sich ableiten, daß alle 24 Vpn. ausnahmslos starke Raucher waren.

3.2.3 Versuchsdesign

Die Leistungen bei komplexen psychomotorischen Testaufgaben hängen wesentlich vom Übungsgrad der Probanden ab. Sie stabilisierten sich in einem vergleichbaren Trackingversuch nach ca. 4 Übungsversuchen STRASSER (1974). Auch die Reaktionszeit und Fehlerhäufigkeit hängen vom Übungsgrad der Vpn. ab (AMELANG, 1967; HOLDING, 1970) und der Lernerfolg ist größer, wenn die Übungsphasen an verschiedenen Tagen stattfinden (ADLER et al., 1976). Deshalb wurden den Hauptversuchen 4 Lernsitzungen von je 1 Stunde Dauer im Abstand von 2- 3 Tagen vorgeschaltet. Dabei wurden auch physiologische Größen registriert und subjektive Daten erhoben, so daß sich sowohl Vpn., als auch Versuchsleiter an die Methodik gewöhnen konnten. Die Hauptversuche folgten maximal 4 Tage nach den Lernversuchen. Zur Untersuchung der Auswirkungen des Rauchentzugs waren 3 Hauptversuche vorgesehen:

ohne Entzug (O)
mit Entzug (E)
mit unerwartet abgebrochenem Entzug (A)

Im Hinblick auf die Frage, ob Entzugswirkungen von der Tageszeit des Entzugs abhängen, absolvierte die Hälfte der Vpn. die Lern- und Hauptversuche am Vormittag, die andere Hälfte am Nachmittag. Die Bedingungen wurden ausgewogen auf die Probanden verteilt, so daß für jeweils 2 der 24 Versuchspersonen derselbe Versuchsablauf resultierte (siehe Tabelle 7).

Tab.7
Versuchsdesign und Einteilung der Probanden

	LV1	LV2	LV3	LV4	HV1	HV2	HV3	Anz
Vor- mit- tag					O	E	A	2
					O	A	E	2
	O	E/2	E	O	A	O	E	2
					A	E	O	2
					E	A	O	2
					E	O	A	2
Nach- mit- tag					O	E	A	2
					O	A	E	2
	O	E/2	E	O	A	O	E	2
					A	E	O	2
					E	A	O	2
					E	O	A	2
O: ohne Entzug E/2: mit 3 Std. Entzug E: mit 6 Std. Entzug A: mit abgebrochenem Entzug					LV: Lernversuch HV: Hauptversuch Anz: Anzahl der Raucher			

Im Laufe eines Versuches waren 4 verschiedene Aufgaben zu erfüllen:

- S: reines Tracking mit adaptiver Sinusvorgabe
- R: reines Tracking mit Rauschvorgabe
- A: reine Reaktionsaufgabe mit 8 optischen Reizen/min
- R+Z: kombinierte Aufgabe aus Tracking mit Rauschvorgabe und Reaktionsaufgabe mit 2 optischen Reizen/min

Abbildung 17 zeigt die zeitliche Abfolge der einzelnen Versuchselemente bei den Lern- und Hauptversuchen.

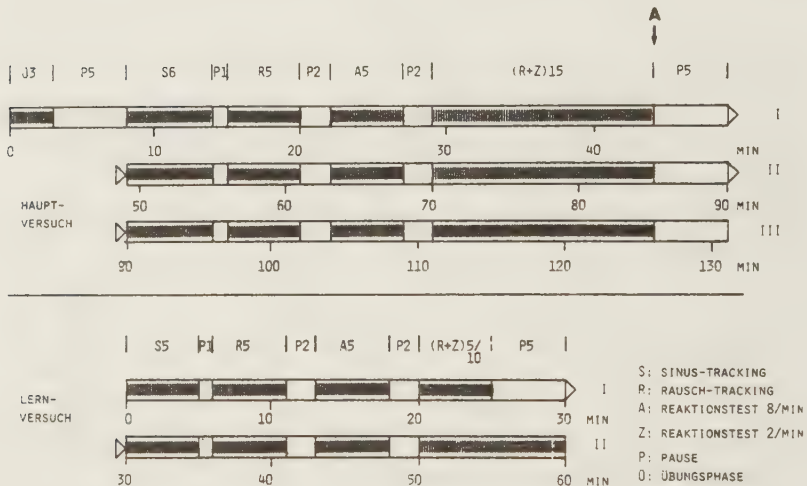


Abb.17

Versuchsprogramm für die Lernversuche (unten) und Hauptversuche (oben)

Jeder Hauptversuch setzte sich aus 3 identischen Blöcken von je 41 Minuten Dauer zusammen. Jeder Block begann mit einer 6- minütigen Tracking-Phase mit Sinusvorgabe (S6). Die erste Minute wurde als Übungsphase nicht bewertet. Nach einer einminütigen Pause (P1) folgte eine 5 Minuten dauernde Tracking- Phase mit Rauschvorgabe (R5). Daran schlossen sich an: eine Pause von 2 Minuten (P2), eine Phase mit reinem Reaktionstest (A5) und nach einer weiteren 2- minütigen Pause (P2) eine 15 Minuten dauernde Phase mit kombinierter Tätigkeit ((R+Z)15). Abgeschlossen wurde der Block durch eine 5 Minuten lange Pause (P5). Vor Beginn des Versuchs war eine 3- minütige Übungsphase vorgesehen, die erfahrungsgemäß ausreichte, die Probanden an ihr jeweiliges Leistungsvermögen heranzuführen. Die vor dem 1. Block angesetzte Pause (P5) diente der Erfassung von Ausgangswerten der physiologischen Größen.

Bei Versuchen ohne Entzug durfte während der Pausen beliebig geraucht werden, beim abgebrochenen Entzug war das Rauchen zum Beginn der Pause nach dem 1. Block (- A) überraschend erlaubt und bei Versuchen mit Entzug war es strikt verboten.

Ein Hauptversuch dauerte somit insgesamt 131 Minuten und bestand aus:

3 Minuten Einübungsphase
93 Minuten Testphase
35 Minuten Pausenphase.

Die Lernversuche waren ähnlich zusammengesetzt, bestanden aber nur aus 2 Blöcken und dauerten jeweils nur 60 Minuten. Entzug war an 2 der 4 Tage einzuhalten und zwar einmal mindestens 3 Stunden zur Eingewöhnung und einmal mindestens 6 Stunden, wie bei den Hauptversuchen (vgl. Tab.7).

Vor Beginn und nach Ende jedes Versuches mußten die Vpn. einen Fragebogen ausfüllen, mit dem die subjektive Einschätzung von Leistung, Beanspruchung, Vigilanz und anderer Kontrolldaten erfaßt wurde. Außerdem war vor dem 4. Lernversuch und vor jedem Hauptversuch die EIGENSCHAFTSWÖRTERLISTE (EWL) (JANKE u. DEBUS, 1978) auszufüllen, und nach diesen Versuchen wurde eine verkürzte Form der Liste vorgelegt.

Der direkte Nachweis des Rauchentzuges anhand Urinproben ist nicht fehlerfrei zu führen und eine etwaige Blutabnahme kurz vor den Versuchen könnte das Leistungsverhalten der Raucher verändern. Um jedoch die Einhaltung des Versuches nicht zu gefährden wurden die Vpn. jedoch in dem Glauben belassen, eine vor den Versuchen geforderte Urinprobe ermögliche die Kontrolle des Rauchentzuges. Außerdem wurde die 6- stündige Nikotinabstinenz in einem persönlichen Gespräch überprüft, wobei auch erklärt wurde, daß ein Rücktritt von dem betreffenden Versuch jetzt ohne weitere Folgen möglich sei, eine Nichteinhaltung aber den entgeltlosen Ausschuß zur Folge habe.

Zur Steigerung der Motivation wurde neben der Grundbezahlung noch eine vom Rangplatz abhängige Leistungsprämie ausgesetzt. Als zusätzlicher Anreiz galt auch die Tatsache, daß die Leistungen der Raucher mit denen von Nichtrauchern in einer parallel angelegten Untersuchung verglichen werden sollten.

3.2.4 Auswertung

Der Datenanalyse ging eine Verteilungsprüfung für alle untersuchten Größen voraus. Die einzelnen Parameter wurden mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests auf Normalverteilung, lgn-Verteilung oder auf Poisson-Verteilung geprüft.

Zur Beantwortung der Fragestellung wurden die 3 Hauptversuche ohne Entzug (O), mit Entzug (E) und mit abgebrochenem Entzug (A) einander gegenübergestellt.

Die Mittelwerte der Versuche bei den verschiedenen Bedingungen wurden je nach der Verteilung der Daten mit

t-Tests für verbundene Stichproben (normal verteilte Daten)
Rang-Tests nach WILCOXON (nicht normal verteilte Daten) und
Chi-Quadrat-Tests (Binominaldaten)

auf signifikante Unterschiede geprüft.

Bei allen Meßgrößen wurden in einer zweiten Stufe die Mittelwerte der 3 Versuchsdurchgänge getrennt berechnet. Hier wurden sowohl die Veränderungen von Durchgang zu Durchgang als auch die Unterschiede zwischen den verschiedenen Versuchsbedingungen mit dem t-Test bzw. Rangtest für verbundene Stichproben geprüft. Von den physiologischen Größen wurden zusätzlich die Verlaufskurven während der relevanten Hauptversuche aufgestellt und ebenso auf Signifikanz überprüft. Daneben wurden die Testergebnisse bei allen erfaßten Größen für die Vormittags- und die Nachmittagsgruppe zusammengestellt. Die jeweiligen Gruppenmittelwerte wurden mit Hilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben (normalverteilte Daten) bzw. des U-Tests von MANN u. WHITNEY (nicht normalverteilte Daten) auf Signifikanz untersucht.

Da die Richtung möglicher Unterschiede nicht vorab bestimmbar war, wurden die Tests jeweils zweiseitig durchgeführt. Als relevante Schranken wurden dabei die Irrtumswahrscheinlichkeiten von 1% (im folgenden als "hoch signifikant" bezeichnet), 5% ("signifikant") sowie z.T. von 10% ("wahrscheinlich signifikant") angesetzt.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Leistungsgrößen

Es wurden folgende Leistungsgrößen erfaßt:

im Trackingtest:

- der Regelfaktor bei adaptivem Sinustracking (S),
- der Regelfaktor bei Rauschtracking (R) und
- der Regelfaktor bei Rauschtracking in Kombination mit dem Reaktionstest (RK);

im Reaktionstest:

- die mittlere Reaktionszeit (RZ),
- der Anteil übersehener Reize (Ü),
- der Anteil falscher Reaktionen (F),
- der Anteil irrtümlicher Reaktionen (I) und
- alle Größen in Kombination mit dem Trackingtest (RZK, ÜK, FK, IK)

3.3.1.1 Verteilungsprüfung

Mit Hilfe des Chi- Quadrat- Anpassungstestes wurde überprüft, ob bei den verschiedenen Leistungsgrößen Normalverteilung vorliegt. Diese Prüfung verlief im Falle der Reaktionszeiten, sowohl in den einfachen, als auch in den kombinierten Versuchen, positiv. Die Trackingleistungen zeigten dagegen ausnahmslos eine positiv schiefe, linksseitige Verteilung. Nach logarithmischer Transformation konnte aber auch in diesem Fall mit hinreichender Sicherheit eine Normalverteilung angenommen werden. Dagegen waren die Fehlergrößen des Reaktionstestes in keinem Fall normalverteilt. Die Annahme, daß es sich um Poisson- verteilte Größen (Verteilungsform bei selte-

nen Ereignissen) handelt, war wegen der geringen Stichprobenzahl statistisch nicht sicher nachzuweisen.

Bei der Datenanalyse wurden demnach die Reaktionszeiten und die Trackingleistungen mit statistischen Verfahren untersucht, die Normalverteilung voraussetzen, während die Fehlerquoten dagegen nur mit parameterfreien Verfahren, wie z.B. Rangtests, geprüft werden konnten.

3.3.1.2 Interdiane Veränderungen - Lernverlauf

Im Sinustracking zeigte das Kollektiv der Raucher von Versuchstag zu Versuchstag starke, stets signifikante, größtenteils hochsignifikante Leistungsverbesserungen. Sogar noch am 6. und 7. Versuchstag wurden durchschnittlich Verbesserungen von ca. 7% gemessen. Abbildung 18 zeigt die mittleren Leistungswerte (Regelfaktor in %) der Raucher an den 7 Versuchstagen (4 Lernversuche und 3 Hauptversuche) und die errechneten Regressionskurven. Raucherwerte ohne Korrektur der Entzugswirkung sind durch Sterne gekennzeichnet. Oberhalb und unterhalb der Mittelwertverläufe sind beispielhaft die Ergebnisse und Regressionslinien je eines Rauchers mit niedriger und hoher Leistung aufgetragen.

Bei Rauschvorgabe war der Lernfortschritt in der Trackingleistung nicht so stark ausgeprägt. Auch in diesem Fall konnten spezifische Lernkurven festgelegt werden.

Die mittleren Reaktionszeiten waren nur unwesentlich in Abhängigkeit vom Versuchstag verändert. Vom 2. Versuchstag an war die Verbesserung nicht mehr signifikant und innerhalb der Hauptversuche waren Veränderungen überhaupt nicht mehr feststellbar. Abbildung 19 zeigt die Mittelwerte des Raucherkollektivs und die Regressionskurven der Reaktionszeiten beim einfachen Reaktionstest.

Die Fehlerquoten im Reaktionstest waren im 1. Lernversuch geringfügig höher, ansonsten zeigten sich keine systematischen Veränderungen im Laufe der Versuchstage.

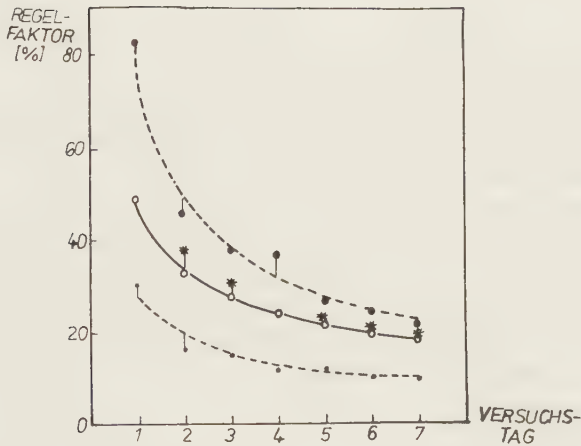


Abb.18

Trackingleistung bei adaptiver Sinusvorgabe in Abhängigkeit vom Versuchstag. Regelfaktor = Verhältnis der Regelabweichungen des geregelten zum unregulierten Fall in %.

o Mittelwerte der Raucher

o Werte eines Rauchers mit niedriger Leistung (hoher Regelfaktor)

* Werte eines Rauchers mit hoher Leistung (niedriger Regelfaktor)

* Raucherwerte ohne Korrektur der Entzugswirkung

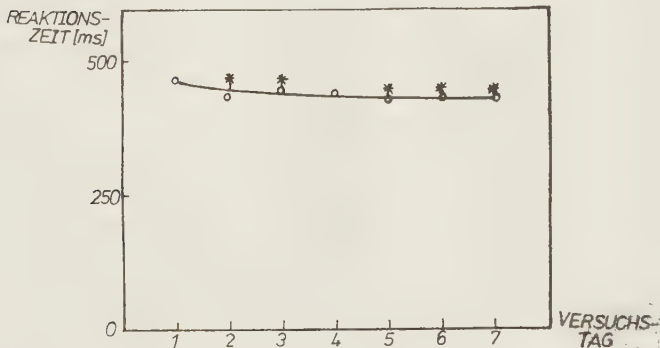


Abb.19

Durchschnittliche Reaktionszeiten im einfachen Reaktionstest an verschiedenen Versuchstagen.

o Raucherwerte

* Raucherwerte ohne Korrektur der Entzugswirkung

3.3.1.3 Versuchsmittelwerte

Die im nachfolgenden beschriebenen Leistungsgrößen stellen das durchschnittliche Gesamtergebnis aller Raucher in den 3 verschiedenen Hauptversuchen dar.

Unter Entzug (E) waren sämtliche Trackingleistungen um ca. 15-20% vermindert im Vergleich zu den Versuchen ohne Entzug (O) (siehe Abb. 20). Diese Unterschiede waren hoch signifikant ($p < 1\%$) nachweisbar. Während die Differenz bei Sinusvorgabe nur gering unter der Standardabweichung lag, wurde bei Rauschvorgabe sogar ein Wert knapp darüber erreicht.

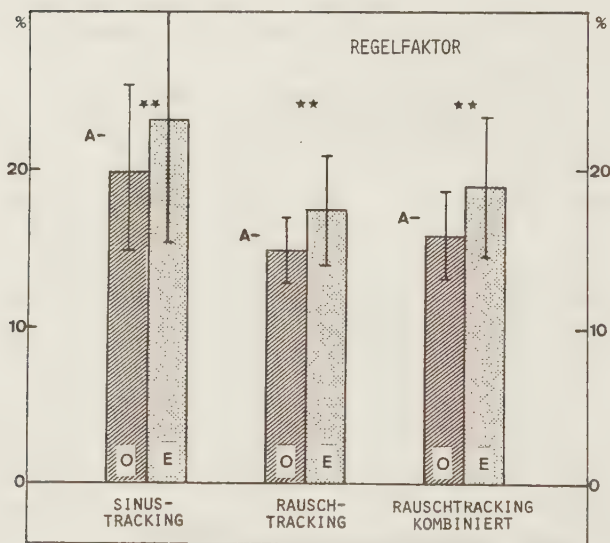


Abb.20

Versuchsmittelwerte der Leistungen in den 3 Trackingtests, jeweils mit den Bedingungen "ohne Entzug" (O), "mit Entzug" (E) und "mit abgebrochenem Entzug" (A). Regelfaktor = Verhältnis der Regelabweichungen des geregelten zum unregulierten Fall in %. Signifikante Unterschiede zwischen "O" und "E" sind durch Sterne markiert (**: $p < 1\%$)

Die besseren Leistungen im Trackingtest mit Rauschvorgabe sind darauf zurückzuführen, daß hierbei die Anforderung geringer war, als bei der adaptiven Sinusvorgabe. Durch die Zusatzbelastung des Reaktionstestes fiel die Leistung im Rauschtracking aber um ca. 10%, im Entzug unsignifikant mehr als ohne Entzug.

Die Ergebnisse im Versuch mit abgebrochenem Entzug (A) lagen bei allen 3 Trackingtests jeweils zwischen den Versuchen ohne Entzug und mit Entzug. Alle Ergebnisse waren beim abgebrochenen Entzug signifikant von denen ohne Entzug verschieden, in den Trackingaufgaben mit Rauschvorgabe unterschieden sie sich zusätzlich signifikant von den Werten bei vollständigem Entzug, so daß die Einbußen als hinreichend gesichert gelten können.

Abbildung 21 zeigt die Leistungswerte bei den Reaktionsaufgaben. Im Reaktionszeittest (Abb.21, links) lieferten die Vpn. ähnliche Ergebnisse wie bei den Trackingaufgaben, denn im Entzug reagierten die Raucher sowohl im einfachen, als auch im kombinierten Test um ca. 40-50 ms langsamer als im entzugsfreien Versuch. Die Zunahme der Reaktionszeit bei abstinenteren Rauchern war jeweils hoch signifikant. Die Fehlerquoten (Abb. 21, rechts) waren ebenfalls bis auf einen Fall (irrtümliche Reaktion im kombinierten Test) unter Entzug erhöht. Bei sehr hoher Streuung der Werte konnten Signifikanzen bei den "übersehenen Reizen" und "irrtümlichen Reaktionen" nicht nachgewiesen werden, nur "falsche Reaktionen" traten unter Entzug wahrscheinlich signifikant häufiger auf, als bei uneingeschränktem Rauchen.

Im kombinierten Test wurden weder mehr übersehene Reize, noch mehr Falschreaktionen registriert, als im reinen Reaktionstest. Die irrtümlichen Reaktionen nahmen dagegen stark zu. Unter Rauchentzug erhöhte sich die Fehlerquote im Vergleich zum einfachen Reaktionstest nicht.

Die Werte des Versuches mit abgebrochenem Entzug lagen jeweils zwischen den Werten der beiden anderen Versuche. Ähnlich wie bei den Trackingleistungen unterschieden sie sich auch im Fall

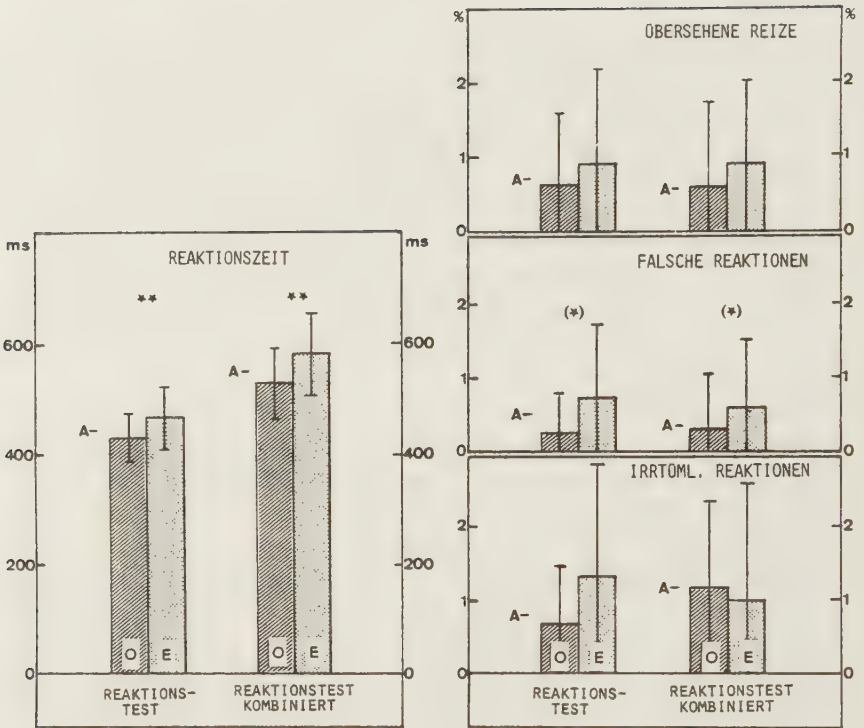


Abb.21

Mittelwerte der Reaktionszeiten (in ms) und der verschiedenen Reaktionsfehlerquoten (in % der dargebotenen Reize).

(O) ohne Entzug

(E) mit Entzug

(A) mit abgebrochenem Entzug

Signifikante Unterschiede zwischen "O" und "E" sind durch Sterne markiert (**: $p < 1\%$; (*): $p < 10\%$)

der Reaktionszeiten jeweils signifikant von den Werten "ohne Entzug" und "mit Entzug", so daß die Abnahme der Reaktionsgeschwindigkeit unter Entzug als gesichert angesehen werden kann.

3.3.1.4 Versuchsdurchgänge

Ein Vergleich der 3 jeweils identischen Versuchsdurchgänge der Hauptversuche ließ auf Leistungsveränderungen im Laufe des Versuches schließen und ermöglichte das Ausdauervermögen der Vpn., bzw. deren Reaktion auf Dauerbelastung zu beurteilen. Außerdem konnte auf diese Weise die Wirkung des Entzugsabbruches nach dem ersten Durchgang des betreffenden Versuches festgestellt werden.

Abbildung 22 zeigt im Vergleich die Leistungen in den Durchgängen I, II und III der verschiedenen Trackingtests. Daraus geht hervor, daß sich die Vpn. im Trackingtest mit adaptiver Sinusvorgabe im Laufe des Versuches "ohne Entzug" leicht verbesserten, während im Versuch "mit Entzug" die Leistung zunehmend schwächer wurde. Dabei war das Ergebnis unter Entzug in jedem Fall hoch signifikant schlechter als beim uneingeschränkten Rauchen. Bemerkenswert ist das Leistungsverhalten der Vpn. im Versuch "mit abgebrochenem Entzug". Während zu Beginn des Versuches die Trackingleistung bei Sinusvorgabe noch geringer war als beim Versuch mit Entzug, stellte sich nach Beendigung des Rauchverbots im 2. Durchgang eine hoch signifikante und im letzten Durchgang noch eine leichte Verbesserung ein. Der Endwert unterschied sich signifikant vom entsprechenden Entzugswert, erreichte aber nicht das Niveau des entzugsfreien Versuches.

Auch in den Trackingtests mit Rauschvorgabe wurden ähnliche Ergebnisse festgestellt (siehe Abb. 22). In allen Durchgängen lagen die Leistungen in den Versuchen "ohne Entzug" hoch signifikant über denen "mit Entzug". In den Versuchen "mit abgebrochenem Entzug" entsprachen die Leistungen im I. Durchgang der Leistung bei Entzug und im III. Durchgang der Leistung ohne Entzug, im II. Durchgang lagen sie dazwischen. Dieses Verhalten kommt besonders deutlich beim kombinierten Rauschtracking zur Geltung.

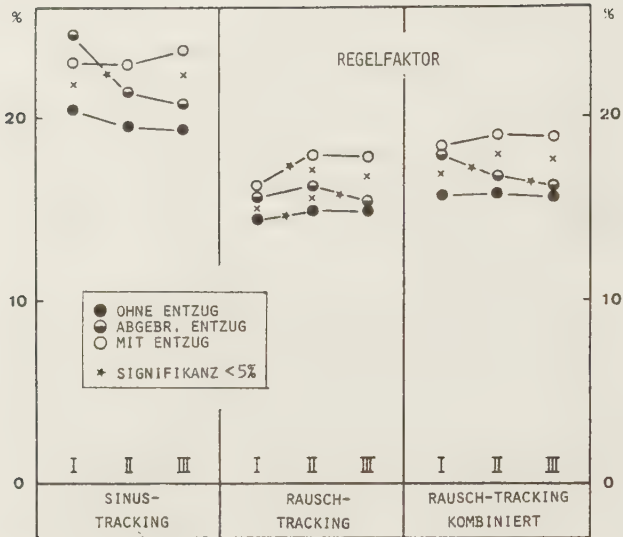


Abb.22

Mittelwerte der Trackingleistungen in den Durchgängen I, II und III in den verschiedenen Trackingtests mit den Versuchsbedingungen "ohne Entzug", "mit Entzug" und "mit abgebrochenem Entzug". Die Leistung verhält sich umgekehrt proportional zum aufgetragenen Regelfaktor (vgl. Abb.20). Signifikante Änderungen von Durchgang zu Durchgang sind durch Sterne, signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen durch Kreuze markiert ($p < 5\%$)

Der mäßigen Verschlechterung der Vpn. im Laufe der Versuche "ohne Entzug" und "mit Entzug" steht eine signifikante Leistungsverbesserung beim Versuch "mit abgebrochenem Entzug" entgegen.

Daß die Leistungen im Trackingtest mit Sinusvorgabe nach Entzugsabbruch im letzten Durchgang nicht das Niveau des entzugsfreien Versuches erreichten, kann - abgesehen von der unterschiedlichen Beanspruchung - mit der zeitlichen Abfolge der Versuche erklärt werden, weil dieser Test jeweils zu An-

fang der Durchgänge absolviert werden mußte, wo Rauchwirkungen eventuell noch nicht voll zur Geltung kamen. Für diese Annahme spricht auch, daß beim Trackingtest mit Rauschvorgabe im kombinierten Test, der am Ende des II. Durchgangs lag, die stärkste Verbesserung zu verzeichnen war.

Abbildung 23 zeigt den Leistungsverlauf in den Reaktionsaufgaben. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Vpn. (Abb.23, links) nahm - ähnlich wie die Leistung im Tracking mit Rauschvorgabe - im Laufe der Versuche zunächst signifikant, dann unsignifikant ab und alle Entzugswerte lagen hoch signifikant über den Werten bei Rauchabstinenz. Beim "abgebrochenen Entzug" war ebenfalls eine Verbesserung im Verlaufe des Versuchs festzustellen: die Werte lagen zu Beginn knapp unter dem Niveau der Entzugsversuche und fielen in den letzten beiden Durchgängen auf das Niveau des entzugsfreien Versuches ab. Sowohl Trackingleistungen als auch Reaktionszeiten wurden also im Entzug und nach Entzugsabbruch einheitlich beeinflußt.

Die Fehlerquoten der Reaktionstests (Abb.23, rechts) stellten sich dagegen weniger einheitlich dar. Einigermaßen systematisch verhielten sich nur die Falschreaktionen, deren Verlaufswerte den übrigen Leistungsgrößen entsprachen. Größtenteils lagen die Werte aber unter Rauchentzug unsignifikant höher als beim uneingeschränkten Rauchen. Alle Fehlerquoten, insbesondere die irrtümlichen Reaktionen, stiegen im letzten Durchgang der Entzugsversuche stark an - möglicherweise eine Auswirkung der Zigarettenabstinenz.

3.3.1.5 Vergleich Vormittags-/Nachmittagsgruppe

Zur Untersuchung von tageszeitlichen Einflüssen auf die Entzugswirkung wurden die Versuchsmittelwerte der Vormittags- und der Nachmittagsgruppe getrennt ermittelt und gegenübergestellt.

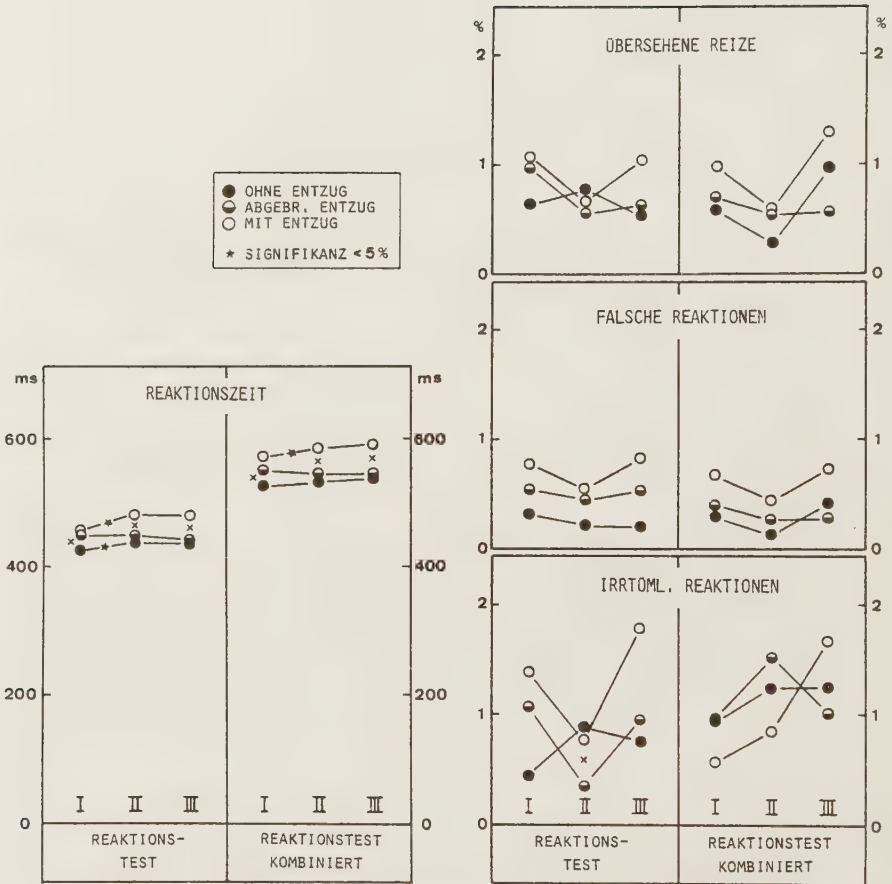


Abb.23

Mittelwerte der Reaktionszeiten und der Fehlerquoten in den Durchgängen I, II und III der Reaktionsaufgaben unter den Bedingungen "ohne Entzug", "mit Entzug" und "mit abgebrochenem Entzug". Signifikante Änderungen von Durchgang zu Durchgang sind durch Sterne, signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen durch Kreuze markiert ($p < 5\%$).

Abbildung 24 zeigt die Trackingergebnisse der beiden Gruppen in den Versuchen "ohne Entzug" und "mit Entzug". Die Vormittagsgruppe zeigte generell bessere Leistungen als die Nachmittagsgruppe, jedoch waren die Unterschiede nicht signifikant. Da die Differenzen unter beiden Bedingungen etwa gleich groß waren, kann man folgern, daß die Tageszeit des Entzugs keinen Einfluß auf die Trackingleistung hatte.

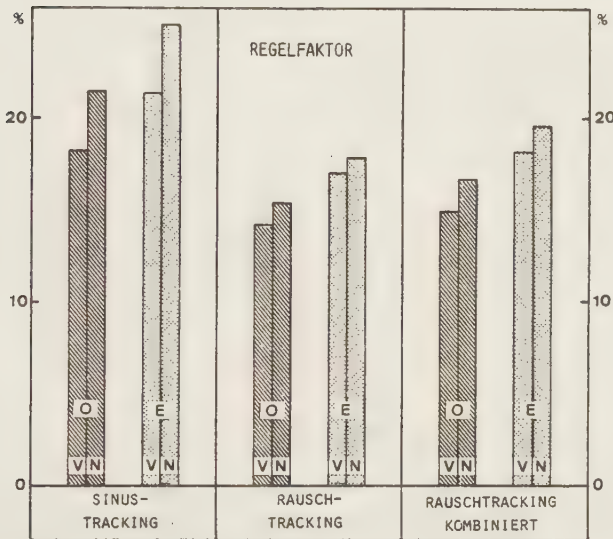


Abb.24

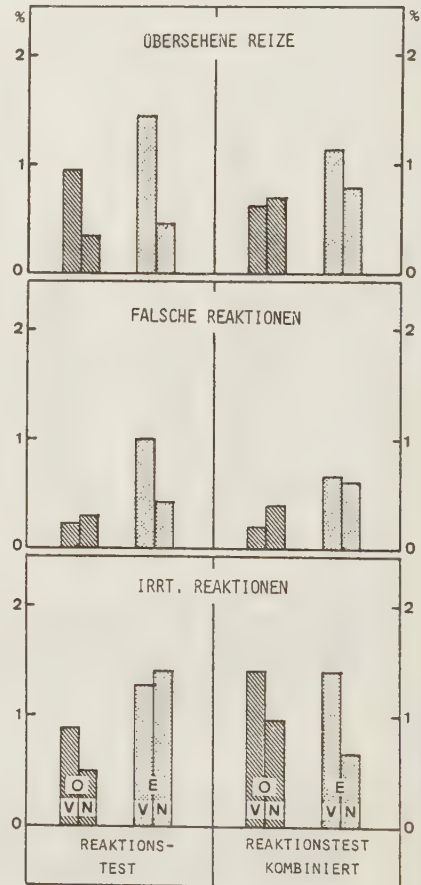
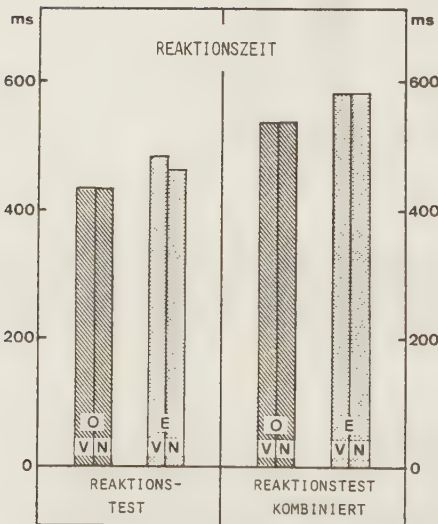
Vergleich der Trackingleistungen (Versuchsmittelwerte) zwischen der Vormittags- (V) und der Nachmittagsgruppe (N) in den Versuchen "ohne Entzug" (O) und "mit Entzug" (E). Die Leistungen sind als Regelfaktor eingetragen (vgl. Abb.20). Die Unterschiede zwischen beiden Gruppen sind nicht signifikant ($p < 10\%$)

Die Mittelwerte der Reaktionszeiten (siehe Abb.25, links) der beiden Gruppen waren in annähernd allen Versuchen gleich hoch. Nur im einfachen Reaktionstest erreichte die Nachmittagsgruppe

pe unter Entzug etwas bessere Werte, bzw. die Vormittagsgruppe schlechtere Werte. Dieses Ergebnis war aber nicht signifikant nachweisbar. Die Fehlerquoten (Abb.25, rechts) waren nicht einheitlich in Abhängigkeit von der Tageszeit des Entzugs verändert, jedoch wies die Vormittagsgruppe bei der Mehrzahl der Versuche eine höhere Fehlerzahl auf.

Abb.25

Vergleich der Reaktionszeiten und der Fehlerquoten zwischen der Vormittags- (V) und der Nachmittagsgruppe (N) in den Versuchen "ohne Entzug" (O) und "mit Entzug" (E). Die gemessenen Unterschiede sind nicht signifikant ($p < 10\%$).



Im Entzug übersah die Vormittagsgruppe im einfachen und kombinierten Reaktionstest mehr optische Reize und reagierte öfter falsch, während bei der Nachmittagsgruppe mehr irrtümliche Reaktionen im einfachen Reaktionstest zu verzeichnen waren. Alle Unterschiede waren aber statistisch nicht signifikant.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Tacking- und Reaktionsaufgaben:

1. Die Trackingleistungen und die Reaktionszeiten waren unter Entzug hoch signifikant schlechter als ohne Entzug. Es waren Leistungseinbußen von 10- 20 % zu verzeichnen. Die Fehlerquoten des Reaktionstests waren unter Entzug unsignifikant erhöht.
2. Die Leistungsunterschiede zwischen den Versuchen mit und ohne Entzug zeigten sich über den Versuchsverlauf stabil, oder nahmen sogar noch zu. Nur die Zahlen der übersehenen optischen Reize und der irrtümlichen Reaktionen wiesen kein derart stabiles Verhalten auf.
3. Der Entzugsabbruch bewirkte im Fall der Trackingleistungen und Reaktionszeiten eine signifikante Leistungsverbesserung mit Versuchsendwerten, die dem entzugsfreien Versuch entsprachen. Bei den Fehlerquoten konnte kein derartiges Verhalten festgestellt werden.
4. Die Tageszeit des Entzugs wirkte sich weder auf die Leistungen im Trackingtest, noch auf die Reaktionszeiten aus. Nur die Fehlerquote der Nachmittagsgruppe war unter Entzug unsignifikant geringer.

3.3.2 Physiologische Größen

Die Ableitung dieser Größen erfolgte mit der Erwartung, Rückschlüsse auf die Beanspruchung der Raucher ziehen und Entzugswirkungen herausstellen zu können. Während die Auswirkung des Rauchens und des Rauchentzugs auf die Herzfrequenz eindeutig beurteilt wird (vgl. Kap. 2.1.2.3 und 2.2.3), ist die Wertung der Sinusarrhythmie (Herzfrequenzvariabilität) als Hinweis auf die mentale Beanspruchung umstritten.

Mögliche Auswirkungen des Rauchens auf den Hautleitwert (HLW) sollten durch die Ableitung dieser Größe erfaßt werden. Dazu wurden zusätzlich zum Basishautleitwert (Basis-HLW) auch spontane oder induzierte HLW- Reaktionen, die den Grundleitwert überlagerten, gemessen.

Die Bewegungsaktivität des Oberkörpers (Motilität) war z.T. durch die Tracking- und Reaktionsaufgaben selbst bedingt. Zusätzliche spontane Bewegungen sollten unter Vorbehalt Rückschlüsse auf eine eventuell vorhandene Nervosität der Vpn. zulassen.

Die gesamten physiologischen Größen wurden wie die Leistungsgrößen mit Hilfe des Chi- Quadrat- Anpassungstestes auf Normalverteilung überprüft. Dabei ergaben sich folgende Verteilungsformen:

- Herzfrequenz:	Normalverteilung
- Sinusarrhythmie:	logarithmische Normalverteilung
- Basis- HLW:	keine Normalverteilung
- HLW- Reaktionen:	Normalverteilung
- Motilität:	logarithmische Normalverteilung

Mit Ausnahme des Basis- HLW, der wegen fehlender Normalverteilung nur mit parameterfreien Tests untersucht werden konnte, fanden bei allen anderen Größen - z.T. nach Transformation - statistische Verfahren Anwendung, die Normalverteilung voraussetzten.

3.3.2.1 Versuchsmittelwerte

Abbildung 26 zeigt die Durchschnittswerte aller gemessenen physiologischen Größen in den Versuchen "ohne Entzug" (O), "mit Entzug" (E) und "mit abgebrochenem Entzug" (A).

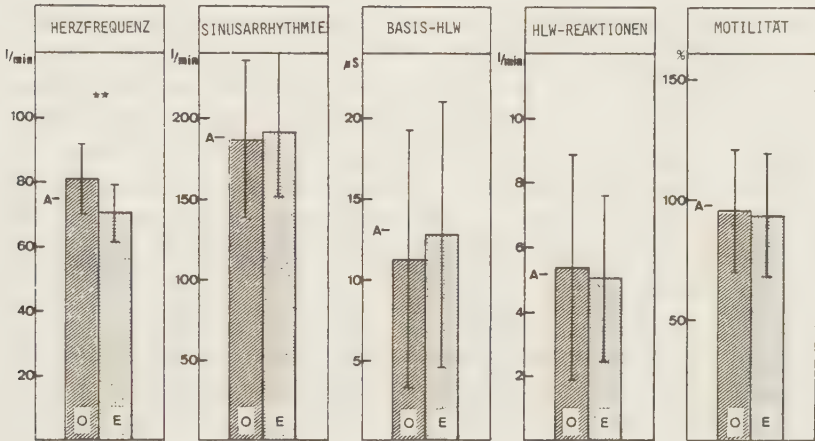


Abb.26

Versuchsmittelwerte von Herzfrequenz, Sinusarrhythmie (je in Schlägen/min), Basis-Hautleitwert (in μS), HLW- Reaktionen (in Reaktionen/min) und Motilität (in % vom Gesamtdurchschnitt aller Vpn. und aller Versuche) unter den verschiedenen Bedingungen "ohne Entzug" (O), "mit Entzug" (E) und "mit abgebrochenem Entzug" (A). Standardabweichungen sind durch Linien gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen "O" und "E" sind durch Sterne markiert. (**: $p < 1\%$)

Die Herzfrequenz war bei den Rauchern im Entzug hoch signifikant um 10 Schläge/min erniedrigt. Beim Versuch mit abgebrochenem Entzug lag die Frequenz zwischen den Werten des uneingeschränkten Rauchens (80 Schläge/min) und bei Rauchtentzug (70 Schläge/min).

Nicht so eindeutig war die Sinusarrhythmie verändert. Die Versuchsergebnisse wichen unter den verschiedenen Bedingungen nur geringfügig voneinander ab und waren noch dazu mit einer großen Streubreite belastet. Das Ergebnis der knapp höheren Werte im Entzug konnte statistisch nicht abgesichert werden, so daß man nur unter größten Vorbehalten auf eine geringere mentale Beanspruchung unter Rauchentzug schließen kann. Auch die mittleren Hautleitwerte zeigten eine hohe Standardabweichung, so daß weder für den Basis- HLW, noch für die HLW- Reaktionen statistisch eindeutige Aussagen zu machen waren. Der um 10% höhere Basiswert unter Entzug gegenüber dem entzugsfreien Versuch kann deshalb auch nur mit Vorsicht auf eine erhöhte Streßreaktion bei Nikotinabstinenz zurückgeführt werden. Die spontanen und induzierten HLW- Reaktionen traten mit durchschnittlich 5 Reaktionen/min unter allen Bedingungen in etwa gleich häufig auf.

Die Motilitätswerte unterschieden sich im Durchschnitt nur unwesentlich in den Versuchen mit und ohne Entzug. Mit großer Wahrscheinlichkeit sind die leicht erhöhten Werte bei uneingeschränktem Rauchen auf das "Zigarettenhandling" zurückzuführen. Im Versuch mit abgebrochenem Entzug wurden noch höhere Motilitätswerte erreicht. Bewegungszunahmen aufgrund vermehrter Nervosität waren nicht feststellbar, möglicherweise war dazu das Meßverfahren mit der Ableitung der Meßgröße am Oberkörper der Vpn. zu grob.

3.3.2.2 Versuchsdurchgänge

Ebenso wie die Leistungswerte, wurden auch die physiologischen Größen im Verlauf der 3 Hauptversuche untersucht. Dazu wurden die Mittelwerte der Versuchsdurchgänge für jede Versuchsbedingung errechnet. Abbildung 27 zeigt die Ergebnisse im Vergleich.

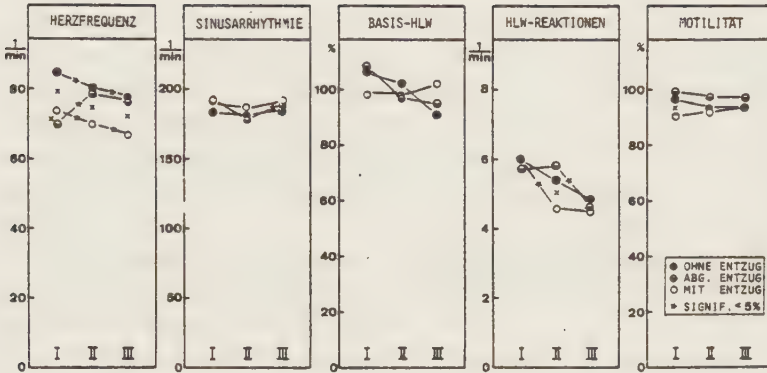


Abb. 27

Mittelwerte der physiologischen Größen im Verlauf der Durchgänge I, II und III unter den verschiedenen Versuchsbedingungen. Herzfrequenz, Sinusarrhythmie und Hautleitwertreaktionen sind in Schläge/min bzw. Reaktionen/min angegeben. Die Basis-Hautleitwerte sind wegen großer interindividueller Streuungen auf den Versuchsmittelwert bezogen (Darstellung in %). Die Motilitätswerte sind auf die durchschnittliche Leistung aller Vpn. in sämtlichen Versuchen bezogen (Darstellung in %). Signifikante Änderungen von Durchgang zu Durchgang sind durch Sterne, signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen durch Kreuze markiert ($p < 5\%$)

Die Herzfrequenz nahm im Laufe der Versuche mit Entzug und ohne Entzug stetig und signifikant ab. Dies ist mit der Abnahme der "intentionalen Grundspannung" zu erklären. Der parallele Verlauf der 2 Kurven zeigt, daß das Rauchen eine sehr stabile Herzfrequenzerhöhung bewirkt. Im Entzugsversuch war die Schlagfrequenz in allen Durchgängen signifikant gegenüber dem Versuch ohne Entzug erniedrigt. Im Versuch mit abgebrochenem Entzug lag die Herzfrequenz im I. Durchgang noch unter dem Entzugswert und stieg aber dann signifikant im II. Durchgang auf das Niveau des Versuches mit uneingeschränktem Rauchen an, das dann bis zum Ende des III. Durchgangs beibehalten wurde.

Die Sinusarrhythmiewerte änderten sich im Verlauf der Versuche mit und ohne Entzug nur sehr wenig, die Entzugswerte la-

gen dabei immer unsignifikant über den Werten des Versuches ohne Entzug. Im Versuch mit abgebrochenem Entzug lag der Arrhythmiewert anfangs auf dem Niveau des Versuchs mit Rauchentzug, fiel dann im II. Durchgang ab, um im letzten Durchgang wieder signifikant anzusteigen. Aufgrund der insgesamt geringen Unterschiede muß jeder Interpretationsversuch jedoch spekulativ bleiben.

Während der Basis- Hautleitwert im Laufe des Versuches ohne Entzug zunächst gering, dann stärker abnahm, zeigte sich unter Rauchentzug, v.a. im III. Durchgang, eine Zunahme dieser Größe. Die Werte beim Versuch mit abgebrochenem Entzug wiesen eine dem entzugsfreien Versuch entsprechende Tendenz auf. Unter Entzug traten im Versuch ohne Entzug im II. Durchgang signifikant weniger HLW- Reaktionen auf, als im entzugsfreien Versuch. Nach Entzugsabbruch stiegen die HLW- Reaktionen an, um dann im III. Durchgang wieder abzufallen. Im großen und ganzen nahm die Zahl der HLW- Reaktionen im Laufe der Versuche, z.T. signifikant, ab, systematische Unterschiede zwischen den Versuchen mit unterschiedlichen Rauchbedingungen waren jedoch nicht zu erkennen.

Im Versuch mit Rauchentzug bewegten sich die Vpn. im I. Durchgang durchschnittlich signifikant weniger, als in den anderen beiden Versuchen. Im Laufe des Versuches nahm die Motilität aber zu, so daß im III. Durchgang kein Unterschied mehr zwischen den Versuchen mit und ohne Entzug zu verzeichnen war. Die Motilitätswerte im Versuch mit abgebrochenem Entzug lagen im gesamten Verlauf höher, als bei den anderen beiden Versuchsbedingungen.

3.3.2.3 Versuchsprofile

Die Darstellung des gesamten Versuchsablaufes anhand von 5- Minuten- Mittelwerten sollte die Reaktionen der Vpn. auf die unterschiedlichen Versuchsbedingungen während der 3 Hauptversuche veranschaulichen.

Abbildung 28 zeigt das Versuchsprofil der Herzfrequenzwerte. Im unteren Teil der Abbildung ist das Versuchsprogramm aufgetragen, die 3 identischen Versuchsdurchgänge sind durch senkrechte Linien gekennzeichnet. Es zeigte sich, daß der Kurvenverlauf bei jeder Versuchsbedingung ("O", "E" oder "A") gleichartig war. Das Niveau beim Versuch mit Entzug lag aber immer hoch signifikant um ca. 10 Schläge/min höher als beim Versuch ohne Entzug. Beim abgebrochenen Entzug war ein sehr

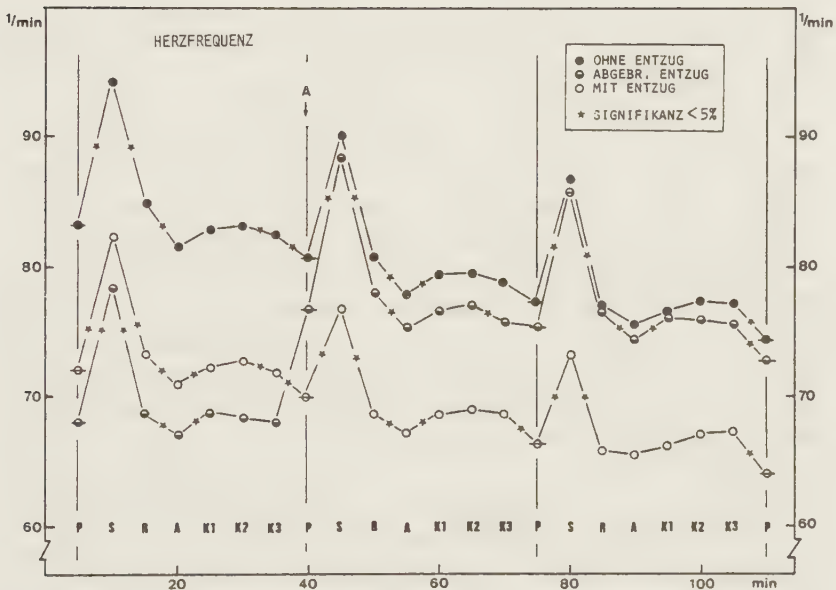


Abb.28

Versuchsprofil der Herzfrequenzwerte bei den Versuchsbedingungen "ohne Entzug", "mit Entzug" und "mit abgebrochenem Entzug" dargestellt anhand von 5-Minutenwerten. Im unteren Teil der Abbildung ist das Versuchsprogramm angegeben. Signifikante Veränderungen sind durch Sterne in den Verlaufskurven markiert.

P: Pause; S: Sinustracking; R: Rauschtracking;

A: einfacher Reaktionstest; K1-3: kombinierter Reaktionstest

interessantes und aufschlußreiches Kurvenverhalten zu beobachten: lagen nämlich die Herzfrequenzwerte im I. Durchgang, in welchem das Rauchen verboten war, noch signifikant unter den Werten des Versuches ohne Entzug und etwa auf dem Niveau des Entzugsversuches, so erfolgte in der Pause nach dem I. Durchgang, ab der das Rauchen überraschend erlaubt worden war, ein steiler Anstieg der Pulsrate; im III. Durchgang unterschieden sich die Herzfrequenzwerte dann nur noch geringfügig von denen des Versuches bei uneingeschränktem Rauchen.

Die höchsten Pulswerte wurden jeweils in den Tracking-Phasen mit adaptiver Sinusvorgabe (S) erreicht. Dies ist einerseits auf die größere körperliche Anstrengung bei der Ausübung dieser Tätigkeit zurückzuführen, andererseits wohl aber auch bedingt durch die hohe psychische Anforderung, die relativ schwierige Aufgabe in den Griff zu bekommen.

Im reinen Reaktionstest (A) waren die Herzfrequenzwerte relativ niedrig. Sie lagen - unter Berücksichtigung der abnehmenden Tendenz der Werte - auf, oder sogar unter dem Pauseniveau. Dies ist ein Hinweis auf die geringe Beanspruchung der Vpn. in diesen Abschnitten der Versuche.

Bei den Trackingaufgaben mit Rauschvorgabe war die Schlagfrequenz sowohl im einfachen (R), als auch im kombinierten Test (Kl- 3) etwas höher, als in den Pausen. Diese Erhöhungen waren aber größtenteils nicht signifikant. Die Beanspruchung der Vpn. war in diesen Versuchsabschnitten ebenfalls nicht sehr groß.

Im Gegensatz zu den Herzfrequenzwerten zeigten alle übrigen gemessenen physiologischen Größen keine so deutlichen Veränderungen in Abhängigkeit von den Rauchbedingungen. In Abbildung 29 sind die Versuchsprofile dieser Größen zusammengefaßt. Die Differenzen zwischen den einzelnen Werten unter verschiedenen Bedingungen sind meist nur geringfügig und die Kurven überkreuzen sich häufig.

Die Sinusarrhythmie war beim Sinustracking (S) am geringsten ausgeprägt und erreichte Höchstwerte in den Pausen und beim

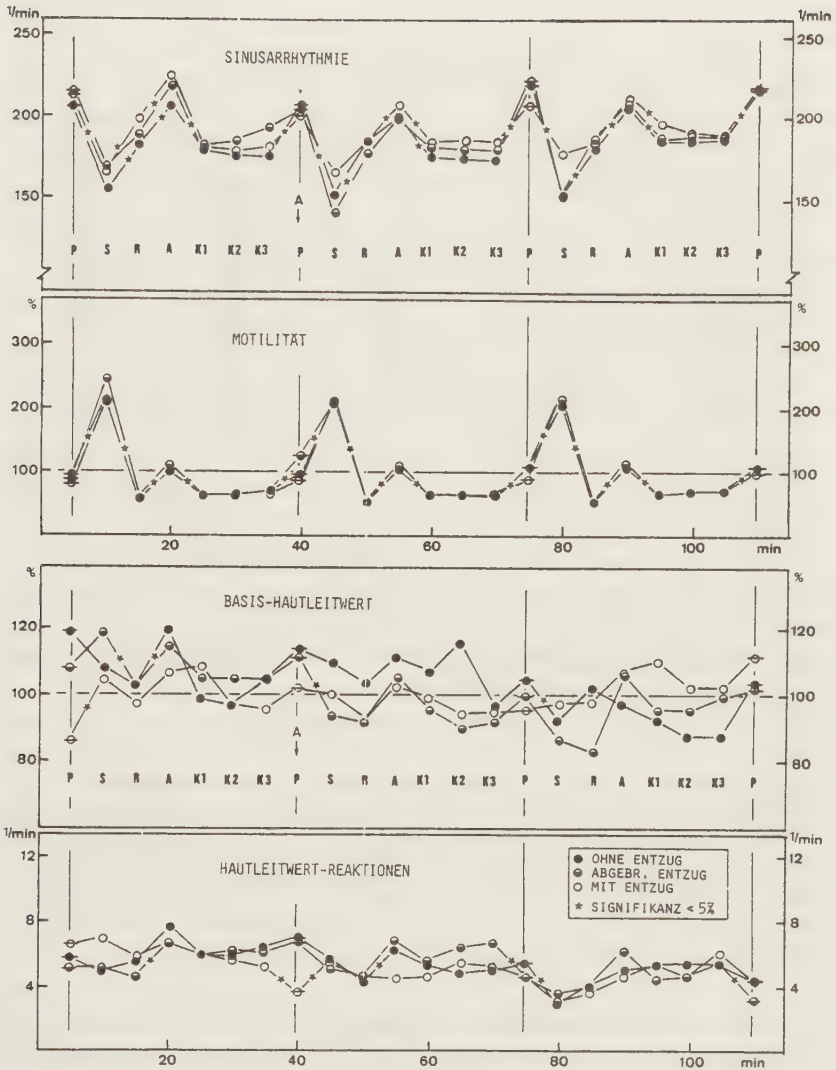


Abb.29

Versuchsprofile der Werte der Sinusarrhythmie (in Schläge/min), der Motilität (in % der durchschnittlichen Leistung aller Vpn. in allen Versuchen), Basis-Hautleitwert (in % des Versuchsmittelwertes) und Hautleitwert-Reaktionen (in Reaktionen/min) unter den verschiedenen Versuchsbedingungen "ohne Entzug", "mit Entzug" und "mit abgebrochenem Entzug" dargestellt anhand von 5- Minutenwerten. Signifikante Veränderungen sind durch Sterne in den Verlaufskurven markiert.

P: Pause; S: Sinustracking; R: Rauschtracking;

A: einfacher Reaktionstest; K1-3: kombinierter Reaktionstest

reinen Reaktionstest. Die Differenzen bei den verschiedenen Versuchsbedingungen waren jedoch gering und nicht signifikant. Nur der Arrhythmiewert in der Arbeitsphase (S im II. Durchgang) direkt nach dem Entzugsabbruch (A) war so stark erniedrigt, daß er signifikant von den Werten der beiden anderen Versuche abwich. Dies kann auf eine größere mentale Beanspruchbarkeit nach dem Abbruch des Entzuges hinweisen. Die Bewegungsaktivität war am stärksten beim Tracking mit adaptiver Sinusvorgabe ausgeprägt. Motilitätswerte unterhalb des Pausenniveau waren degegen in den einfachen und kombinierten Tracking- Phasen mit Rauschvorgabe zu verzeichnen. Dies bedeutet, daß Herzfrequenzerhöhungen, bzw. Sinusarrhythmieerniedrigungen, in diesen Phasen eher auf die mentale Beanspruchung, als auf erhöhte körperliche Bewegungsaktivität zurückzuführen sind, während beim Sinustracking die Herzfrequenzerhöhung wohl zum Großteil Folge der körperlichen Betätigung sein dürfte.

Direkt nach dem Entzugsabbruch war die Motilität signifikant erhöht und auch in den entzugsfreien Pausen bewegten sich die Vpn. stärker - wahrscheinlich als Folge des "Zigarettenhandling".

Die Verlaufskurven des Hautleitwertes zeigten in den unterschiedlichen Testphasen und bei den verschiedenen Versuchsbedingungen kein systematisches Verhalten, so daß sich daraus wenig Informationen ableiten lassen.

3.3.2.4 Vergleich Vormittags-/Nachmittagsgruppe

Ebenso wie die Leistungsgrößen, wurden auch die physiologischen Größen der Vormittags- und der Nachmittagsgruppe als Versuchsmittelwerte gegenübergestellt. Abbildung 30 zeigt das Ergebnis in den Versuchen mit und ohne Entzug.

Sowohl die Herzfrequenz, als auch die Sinusarrhythmie unterscheiden sich bei beiden Gruppen kaum. Die Nachmittagsgruppe wies, besonders unter Entzug, einen unsignifikant höheren

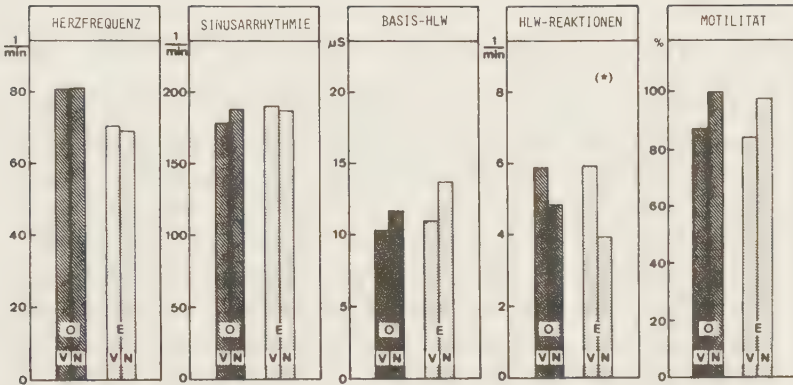


Abb. 30

Vergleich der physiologischen Größen (Versuchsmittelwerte) zwischen der Vormittags- (V) und der Nachmittagsgruppe (N) in den Versuchen "ohne Entzug", "mit Entzug" und "mit abgebrochenem Entzug". Herzfrequenz, Sinusarrhythmie und Hautleitwertreaktionen sind in Schläge/min bzw. Reaktionen/min, der Basis- Hautleitwert in μS angegeben. Die Motilitätswerte sind auf die durchschnittliche Leistung aller Vpn. in sämtlichen Versuchen bezogen (Darstellung in%). Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen sind durch Sterne markiert: (*): $p < 10\%$

Basishautleitwert auf. Die Hautleitwertreaktionen verhielten sich genau umgekehrt: niedrigere Werte bei der Nachmittagsgruppe im Versuch ohne Entzug. Unter Rauchentzug war der Wert noch niedriger und der Unterschied zwischen beiden Gruppen wahrscheinlich signifikant. Die Nachmittagsgruppe erreichte höhere Motilitätswerte, jedoch beeinflusste der Entzug diese Größe nicht.

Zusammenfassung der Auswirkungen auf die physiologischen Größen:

1. Unter Entzug wiesen alle Vpn. über den gesamten Versuchsverlauf signifikant niedrigere Herzfrequenzwerte auf. Bei Entzugsabbruch stieg die Herzfrequenz unmittelbar auf das Niveau des entzugsfreien Versuches an. Der Basis- Haut-

leitwert war unter Entzug unsignifikant erhöht.

2. Basis- Hautleitwert und Motilität zeigten unsignifikant unterschiedliche Veränderungen im Verlauf der Versuche. War unter Entzug ein leichtes Ansteigen des Basis- Hautleitwertes zu verzeichnen, so nahm diese Größe im Laufe des Versuches ohne Entzug ab. Im entzugsfreien Versuch zeigten die Vpn. anfangs eine signifikant höhere Motilität, die aber im Verlauf des Versuchs abnahm. Unter Entzug ergab sich das umgekehrte Ergebnis. Im Versuch mit abgebrochenem Entzug wiesen die Vpn. durchschnittlich eine leicht erhöhte Bewegungsaktivität auf.
3. Veränderungen der physiologischen Größen in Abhängigkeit vom Versuchsprogramm waren bei den Versuchen mit unterschiedlichen Rauchbedingungen jeweils gleichermaßen signifikant. Diese Unterschiede waren - abgesehen von den Herzfrequenzwerten - erheblich größer als die Unterschiede zwischen den Gruppen mit unterschiedlichen Rauchbedingungen.
4. Herzfrequenz- und Sinusarrhythmiewerte unterschieden sich zwischen der Vormittags- und der Nachmittagsgruppe nicht, für die Nachmittagsgruppe ergab sich aber ein höherer Basis- Hautleitwert und ein größerer Motilitätswert, und die Hautleitwertreaktionen waren geringer. Unter Entzug wiesen beide Gruppen eine wahrscheinlich signifikante Differenz bei den Hautleitwert- Reaktionen auf.

Das einzige Ergebnis, das eindeutig signifikant im Verlauf der gesamten Versuchszeit nachweisbar war, war die erniedrigte Herzfrequenz unter Entzug. Die übrigen Befunde waren stark durch inter- und intraindividuellen Streuungen belastet, daß Interpretationen nur unter Vorbehalt möglich sind.

3.3.3 Subjektive Daten

Vor und nach den Versuchen wurden den Vpn. Fragebögen vorgelegt, anhand derer die emotionale Beanspruchung und das subjektive Empfinden der Probanden ermittelt werden sollte. Die Auswirkungen des Rauchentzugs auf das Befinden der Vpn. interessierten v.a. im Zusammenhang mit den jeweils erbrachten Leistungen. Mit der standardisierten "Eigenschaftswörterliste" (JANKE u. DEBUS, 1978) wurden folgende Befindlichkeitsbereiche erfaßt:

- leistungsbezogene Aktivität	}	jeweils vor und
- allgemeine Desaktivität		nach den Versuchen
- Intro-/Extraversion	}	
- allgemeines Wohlbehagen		nur vor jedem
- emotionale Gereiztheit		Versuch
- Angst		

Direkte Fragen zur subjektiven Vigilanz vor und nach den Versuchen, zur empfundenen Beanspruchung, nach der persönlichen Anstrengung im Versuch und nach der Leistungsprognose mußten mit Hilfe von Ratingskalen beantwortet werden. Mit Fragen nach der Möglichkeit der Pausenerholung und der Verbesserung gegenüber dem Vorversuch oder im Laufe des Versuches wurde indirekt auf die Beanspruchung der Vpn. geschlossen. Außerdem mußten die Schwierigkeit des Entzugs und der Grad der eventuell eingetretenen Entzugswirkungen auf einer Ratingskala angegeben werden.

3.3.3.1 Eigenschaftswörterliste (EWL)

Die Unterschiede der "leistungsbezogenen Aktivität" und der "allgemeinen Desaktivität" vor und nach den Versuchen und bei den verschiedenen Versuchsbedingungen sind in Abbildung 31 sowohl für das Gesamtkollektiv als auch die 2 Unter-

gruppen dargestellt. Alle Anfangs- und Endwerte lagen im Streubereich der vom Verfasser angegebenen Vergleichsdaten.

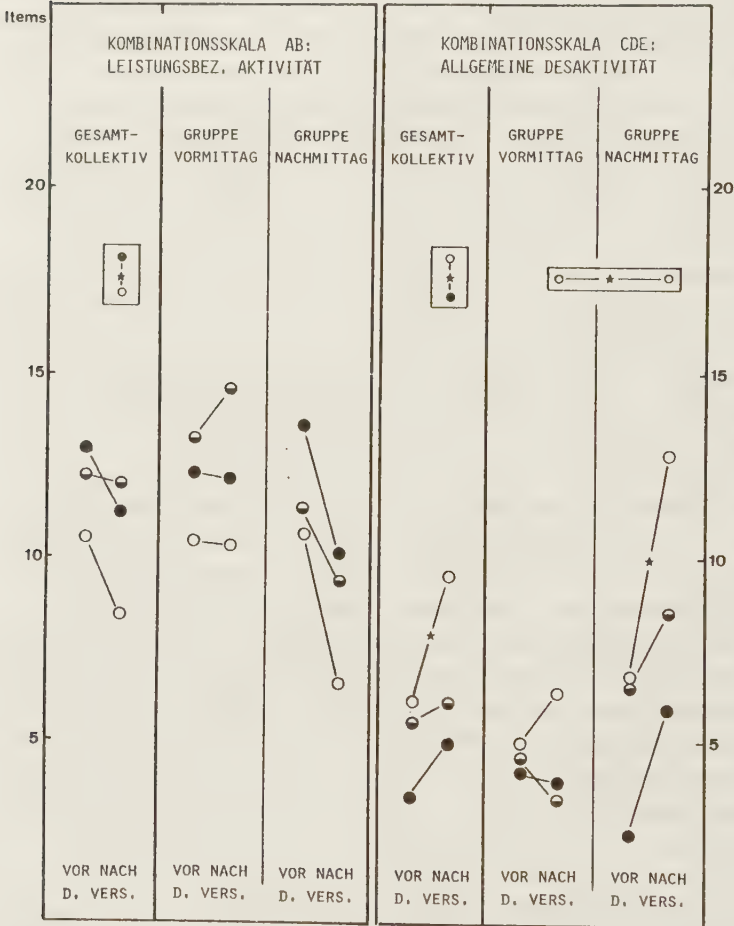


Abb.31

EWL- Werte der Kombinationsskalen AB (leistungsbezogene Aktivität) und CDE (allgemeine Desaktivität) vor und nach den Versuchen bei verschiedenen Rauchbedingungen für das Gesamtkollektiv und die Vormittags- und Nachmittagsgruppe. Signifikante Veränderungen im Versuchsverlauf sind durch einen Stern in der Verbindungslinie, signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen bzw. den Gruppen sind im oberen Teil der Abbildung angegeben ($p < 5\%$)

Die leistungsbezogene Aktivität wurde vor den Versuchen mit und ohne Entzug jeweils höher eingeschätzt, als am Ende dieser Versuche, wobei beim uneingeschränkten Rauchen insgesamt die Aktivitätswerte unsignifikant größer waren. Während des Versuches mit abgebrochenem Entzug nahm die empfundene, leistungsbezogene Aktivität dagegen nur unwesentlich ab, so daß dieser Wert am Ende des Versuches höher lag, als der entsprechende Wert beim Entzugsversuch. Offensichtlich bewirkte der unvermutete Abbruch des Entzugs eine Steigerung der Motivation, wodurch das im Verlauf des Versuches auftretende Ermüdungsgefühl kompensiert werden konnte.

Betrachtet man die Aktivitätswerte getrennt für die beiden Gruppen mit unterschiedlichem Entzugszeitpunkt, so ergibt sich für die Vormittagsgruppe ein relativ konstanter Verlauf und beim Versuch mit abgebrochenem Entzug sogar ein Anstieg der empfundenen Aktivität im Laufe des Versuches. Bei der Nachmittagsgruppe fielen die Werte dagegen stark ab und erreichten am Ende des Versuches mit Entzug einen Tiefpunkt. In der Kombinationsskala "allgemeine Desaktivität" der EWL erreichten die Vpn. ein ähnliches Ergebnis, jedoch kam hier die Zunahme der empfundenen Desaktivierung während des Versuches mit Entzug weitaus stärker zur Geltung. Auch in diesem Fall wirkte sich der Entzugsabbruch positiv, d.h. desaktivitätsmindernd, aus.

Abbildung 32 zeigt die übrigen Skalen, die nur vor den Versuchen erfaßt wurden, auf einem Profilblatt. Alle Werte lagen im Streubereich der vom Verfasser angegebenen Vergleichsdaten.

Es zeigten sich keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Ergebnissen bei unterschiedlichen Versuchsbedingungen in den Kombinationsskalen "Extra-/Introversion", "emotionale Geiztheit" und "Angst", lediglich in der Skala "allgemeines Wohlbefinden" waren die Werte bei Entzug unsignifikant vermindert.

Im Gegensatz zum Gesamtkollektiv ergaben sich jedoch für die Vormittags- und die Nachmittagsgruppe, v.a. im Versuch mit

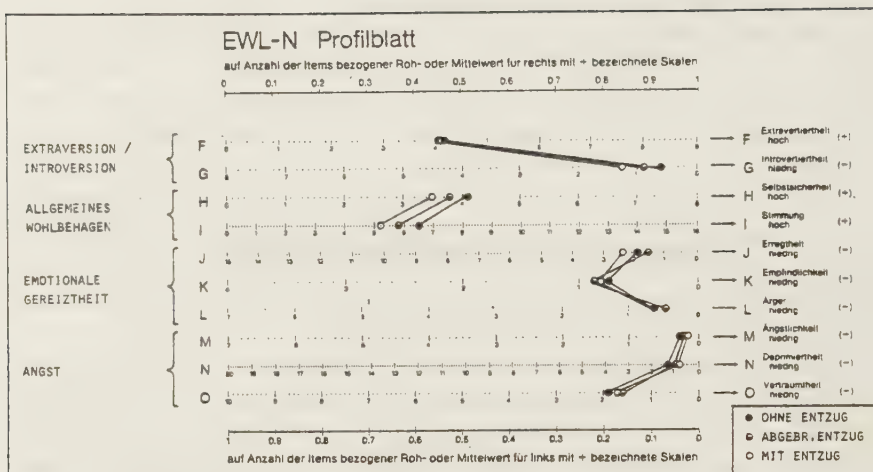


Abb. 32

EWL- Profil der Subskalen F bis O, jeweils vor den Versuchen "mit Entzug" (o), "ohne Entzug" (●) und "mit abgebrochenem Entzug" (◐). Die 4 verschiedenen Kombinationsskalen sind durch Verbindungslinien zusammengefaßt.

abgebrochenem Entzug unterschiedliche Ergebnisse (siehe Tab. 8). Während die Vormittagsgruppe ohne Entzug eine höhere emotionale Gereiztheit aufwies, traf dies vor den beiden Entzugsversuchen v.a. auf die Nachmittagsgruppe zu. Im Versuch mit abgebrochenem Entzug war dieser Unterschied signifikant. Die Tageszeit des Entzugs wirkte sich also mehr auf das Befinden der Vpn., als auf deren Leistungsvermögen aus.

3.3.3.2 Direkte Fragen

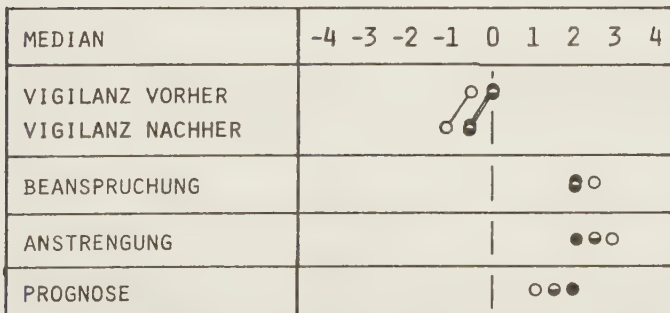
Es mußten Fragen zur empfundenen Vigilanz, zur Beanspruchung, zur persönlichen Anstrengung im Versuch und zur Leistungsprognose anhand einer Ratingskala mit Werten von -4 bis +4

beantwortet werden. Das Ergebnis zeigt Abbildung 33.

Tab.8

Werte in drei Kombinationsskalen der Eigenschaftswörterliste
V: Vormittagsgruppe; N: Nachmittagsgruppe
O: ohne Entzug; E: mit Entzug; A: mit abgebrochenem Entzug
*: signifikante Unterschiede zwischen V und N

EWL Kombinations- skala	O		A		E	
	V	N	V	N	V	N
Allgemeines Wohlbehagen	9,3	11,9	10,2	9,0	8,6	8,8
Emotionale Gereiztheit	4,1	2,5	0,9	*4,8	3,4	4,2
Angst	3,3	3,5	1,7	3,7	2,7	2,5



● OHNE ENTZUG ● ABGEBR.ENTZUG ○ MIT ENTZUG

Abb.33

Medianwerte der direkten Angaben zur Vigilanz, Beanspruchung und Leistungsprognose auf der Ratingskala von -4 bis +4

Die Unterschiede zwischen den Versuchsergebnissen waren nicht besonders stark ausgeprägt. Die empfundene Vigilanz wurde unter Entzug niedriger eingeschätzt. In allen 3 Versuchen zeigte sich ein entsprechender Abfall am Ende der Testzeit. Das Gefühl von Beanspruchung und Anstrengung war unter Entzug etwas stärker und die Prognose entsprechend schlechter als im Versuch ohne Entzug. Signifikante Unterschiede konnten jedoch nicht nachgewiesen werden.

Mit Fragen nach der Möglichkeit der Pausenerholung bzw. der Leistungsverbesserung wurden größere Differenzen zwischen den 3 Hauptversuchen festgestellt (siehe Abb.34).

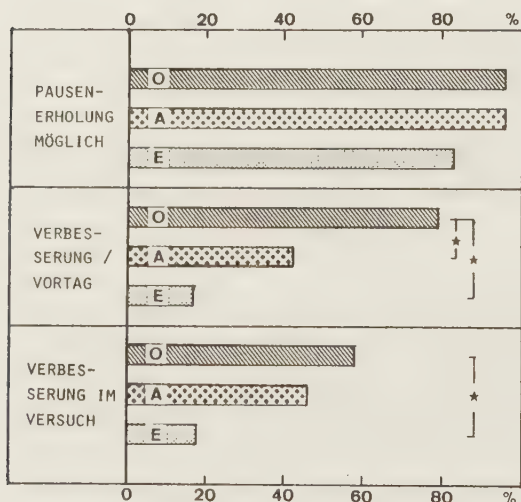


Abb.34

Anteil der Probanden (in % des Gesamtkollektivs), für die unter den verschiedenen Versuchsbedingungen "ohne Entzug" (O), "mit Entzug" (E) und "mit abgebrochenem Entzug" (A) eine Pausenerholung möglich war (oben), bzw. die sich gegenüber dem Vorversuch (Mitte) oder im Laufe des Versuches verbessert fühlten. Signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen O, E und A sind durch Sterne gekennzeichnet (*: $p < 5\%$)

Während sich bei den Versuchen ohne Entzug und mit abgebrochenem Entzug fast alle Vpn. in den Pausen erholen konnten, war dies im Versuch mit Rauchentzug bei nur ca. 80% der Vpn. möglich. Ohne Entzug hielten 80% der Vpn. eine Verbesserung gegenüber dem Vorversuch für möglich. Beim abgebrochenen Entzug waren davon nur noch die Hälfte der Vpn., beim Versuch mit Entzug gar nur noch weniger als 20% der Vpn. überzeugt. Die Ergebnisse des Versuches ohne Entzug unterschieden sich dabei signifikant von den Ergebnissen der beiden anderen Versuche. Auch die Frage nach der Verbesserung im Versuch wurde bei uneingeschränktem Rauchen signifikant häufiger bejaht, als im Entzugsversuch. Die Werte des Versuches mit abgebrochenem Entzug lagen zwischen den Ergebnissen der beiden anderen Versuche.

3.3.3.3 Rauchentzug

Die subjektive Einschätzung der Schwierigkeit des Rauchentzugs hatten die Probanden auf einer Ratingskala, die von -4 bis +4 reichte, einzutragen. Die Ergebnisse für das Gesamtkollektiv, sowie für die beiden Teilgruppen, sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Tab.9

Subjektive Schwierigkeit des Entzugs (Medianwert einer Ratingskala von -4 bis +4) beim Gesamtkollektiv und den beiden Untergruppen an den beiden Versuchstagen mit Rauchentzug.

A: mit abgebrochenem Entzug; E: mit Entzug

Ver- such	Gesamt- kollektiv	Vormittags- gruppe (V)	Nachmittags- gruppe (N)	Signifikanz V/N
A	+ 1,0	- 0,5	+ 2,0	+
E	+ 0,5	- 0,5	+ 1,5	-

Es zeigte sich, daß der Rauchentzug im Durchschnitt nur mäßig schwierig eingestuft wurde. Der Entzug bei Nacht war leichter einzuhalten, als der Entzug am Vormittag - im Versuch mit abgebrochenem Entzug war dies sogar signifikant nachweisbar. Bezüglich der Frage nach dem Einfluß des Rauchverbots auf die Leistung gaben 4 Personen an, der Entzug wirke sich positiv auf die Leistung aus. 12 Vpn. glaubten, er habe keinen Einfluß und 8 Vpn. meinten, er wirke leistungsmindernd. Im Versuch mit abgebrochenem Entzug war die Verteilung 2: 11: 11 (siehe Tab.10). In der Tabelle 10 sind die tatsächlichen Leistungsänderungen im Vergleich zu den von den Vpn. erwarteten Änderungen aufgetragen. Beim Versuch mit Entzug konnte sich keine Gruppe in irgendeinem Test verbessern, auch die nicht, die eine Verbesserung vermutet hatten. Diese Gruppe konnte allerdings ihre Leistungen im großen und ganzen aufrechterhalten, während die anderen beiden Gruppen signifikante Leistungseinbußen hinnehmen mußten. Im Versuch mit abgebrochenem Entzug konnten sich alle Vpn., die glaubten, der Entzug wirke sich positiv aus, geringfügig verbessern - während sich die beiden anderen Gruppen wiederum, z.T. signifikant, verschlechterten.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Erhebung von subjektiven Daten:

1. Durch den Rauchentzug entstand bei den Probanden das Gefühl einer Aktivitätsminderung. Durch die zusätzliche Belastung des Versuches wurde die empfundene allgemeine Desaktivität unter Entzug überproportional erhöht. Der Abbruch des Entzugs wirkte sich dagegen in umgekehrter Weise aus.
2. Der Entzug wirkte sich nur wenig negativ auf die Beanspruchung und Anstrengung der Vpn. aus. Auch die Leistungsprognose und die Möglichkeit der Pausenerholung wurden kaum beeinflusst. Dagegen zeigten sich wesentlich negative Auswirkungen auf die Leistungsverbesserung der Vpn.

Tab.10

Änderungen der verschiedenen Leistungsgrößen in den Entzugsversuchen relativ zum Versuch "ohne Entzug" (rechte Hälfte) im Vergleich zur subjektiven Einschätzung der Probanden (linke Hälfte). Die Werte sind getrennt aufgetragen für die Vpn., die eine Verbesserung, eine gleiche Leistung oder eine Verschlechterung angaben.

O: "ohne Entzug"; E: "mit Entzug"; A: "mit abgebrochenem Entzug"

*: Signifikante Leistungsänderungen ($p < 5\%$)

Ver- gleich	Subjek- tive Einschät- zung	Anz. Vp	Relative Leistungsänderung				
			S	R	RK	RZ	RZK
E/O	verbess.	4	- 4%	- 2%	- 2%	- 9%	- 7%
	gleich	12	-19% *	-21% *	-22% *	- 9% *	- 8% *
	verschl.	8	-20% *	-22% *	-26% *	- 9% *	-13% *
A/O	verbess.	2	+ 1%	+ 5%	+ 6%	+ 6%	+ 1%
	gleich	11	-10% *	-11% *	-12% *	- 4% *	- 3%
	verschl.	11	-15%	- 5%	- 6%	- 4%	- 4% *

Leistungsgrößen: S: Sinustracking
R: Rauschtracking
RK: Rauschtracking komb. Test
RZ: Reaktionszeit
RZK: Reaktionszeit komb. Test

- Obwohl einige Vpn. glaubten, der Entzug wirke sich positiv auf ihre Leistungen aus, war bei ihnen eine geringe Leistungsver schlechterung zu verzeichnen.
- Der Zeitpunkt des Entzugs hatte auf das subjektive Empfinden der Vpn. einen größeren Einfluß, als auf deren Leistung.

3.3.4 Kontrolldaten

Schließlich wurde noch überprüft, ob Leistungsänderungen auf anderweitige Einflüsse zurückzuführen seien. Zu diesem Zweck mußten Angaben über den Konsum von Genußmitteln oder Medikamenten und über das Schlafverhalten gemacht werden. Ein Teil der Ergebnisse ist in Tabelle 11 zusammengefaßt.

Tab.11

Zusammenstellung der Kennwerte verschiedener Kontrollparameter beim Versuch O (ohne Entzug), E (mit Entzug) und A (mit abgebrochenem Entzug).
Med: Median; MW: Mittelwert; Anz: Anzahl

FRAGE	DIMENSION	KENN- WERT	O	A	E	SIGNI- FIKANZ
Schlafqualität	-4...+4	Med	1.0	0.5	0	-
Schlafdauer	Stunden	MW	6.9	7.2	6.9	-
Kaffeekonsum	Tassen	MW	1.9	1.8	1.7	-
Medikament	Vpn	Anz	2	2	1	-
Alkohol Versuchstag	Vpn	Anz	2	4	4	-
Alkohol Vorabend	Vpn	Anz	1	0	3	-

Es wurden in keinem Fall außergewöhnliche Angaben gemacht. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchen waren so gering, daß eine Interpretation nicht möglich ist.

Die Kontrollgrößen zum Zigarettenkonsum bzw. zum Rauchentzug sind in Tabelle 12 dargestellt.

Die durchschnittliche Entzugsdauer betrug in beiden Entzugsversuchen ca. 9- 10 Stunden. Sowohl im Versuch mit abgebrochenem Entzug als auch im Versuch ohne Entzug rauchten die Probanden durchschnittlich 3 bis 4 Zigaretten, obwohl die Rauchzeit im ersten Fall um ein Drittel kürzer war. Einige Vpn. versuchten den anstehenden Rauchentzug durch einen übermäßigen Genuß am Vorabend zu kompensieren. Diese Ergebnisse konnten aber nicht statistisch abgesichert werden.

Tab.12

Kontrollgrößen des Rauchentzugs und des Zigarettenkonsums.

O: ohne Entzug; E: mit Entzug; A: mit abgebrochenem Entzug

Kontrollgröße	O	A	E	Einheit
Entzugsdauer	35	595	564	min
Zigarettenkonsum:				
Versuchstag	6,1	0,7	1,8	Stück
letzte Stunde	2,0	-	-	Stück
im Versuch	3,7	3,4	-	Stück
Übermäßiger Genuß am Vorabend	2	6	7	Vpn.

4. Diskussion

Die in der vorliegenden Arbeit ermittelte hochsignifikante Minderung der Leistung von ca. 10-20% im Trackingtest unter Entzugsbedingungen steht mit den Ergebnissen von TARRIÈRE u. HARTEMANN (1964, zit. nach ASHTON u. STEPNEY, 1982), CAILLÉ u. BASSANO (1974), sowie HEIMSTRA et al. (1967; 1980) im Einklang. Trotz unterschiedlicher methodischer Ansätze wurden in allen Fällen signifikant geringere Leistungen erzielt. SCHORI u. JONES (1975) konnten dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen Rauchern und Entzugsrauchern feststellen, wobei der Rauchentzug jedoch mit nur je einer Stunde vor und während des Versuchs relativ kurz bemessen war. Möglicherweise nehmen Leistungseinbußen bei komplexen psychomotorischen Aufgaben mit der Dauer der Deprivation zu.

Die Änderung der Reaktionszeiten unter Rauchentzug werden in der Literatur nicht einheitlich beschrieben. Die von ASHTON u. STEPNEY (1982) und MYRSTEN et al. (1972) ermittelten signifikant verlängerten Reaktionszeiten unter Entzugsbedingungen werden in der vorliegenden Untersuchung bestätigt. Auch HEIMSTRA et al. (1967), FRANKENHÄUSER et al. (1971), SMITH et al. (1977) und LYON et al. (1975) erzielten ähnliche Ergebnisse, während HEIMSTRA et al. (1980) keine Auswirkung des Zigarettenentzugs auf die Reaktionszeit feststellen konnten. COTTEN et al. (1971) fanden bei ihren Versuchspersonen unmittelbar nach dem Rauchen einer definierten Zigarettenlänge, sowie 5 Minuten danach signifikant längere Reaktionszeiten, 40 und 50 Minuten nach der gerauchten Zigarette jedoch signifikant kürzere Reaktionszeiten im Vergleich zur Kontrolle. MYRSTEN et al. (1975) beobachteten schnellere Reaktionen bei "high arousal"-Rauchern (vgl. S. 29) in geistig anregenden und bei "low arousal"-Rauchern (vgl. S. 29) in monotonen Situationen. Unter Entzugsbedingungen unterschieden sich beide Gruppen jedoch nicht voneinander.

Auch die Lösung von Vigilanz- und Gedächtnisaufgaben wird in

der Literatur sehr unterschiedlich beurteilt. Während in der vorliegenden Arbeit beim Wahlreaktionstest nur eine unwesentliche Zunahme der Fehlerquote im Entzug zu verzeichnen ist, wird von anderer Seite (LEIGH et al., 1977) die Nikotinentzugswirkung in Aufmerksamkeitstests der Wirkung geringer Mengen Alkohol gleichgesetzt. Eine Reihe anderer Autoren konnte ebenfalls teils geringe, teils signifikante Verschlechterungen in verschiedenen Vigilanzaufgaben feststellen (HEIMSTRA et al., 1967; MANGAN u. GOLDING, 1978; WESNES u. WARBOURTON, 1978; TONG et al., 1977; CAILLÉ u. BASSANO, 1974). Über bessere Leistungen unter Entzugsbedingungen berichten HARTLEY (1973) und ANDERSON u. HOCKEY (1977), während HEIMSTRA et al. (1980) keine Unterschiede bei Vigilanz- und Rechenaufgaben verzeichnen konnten. Die unterschiedlichen Ergebnisse sind wohl auf stark variierende Testverfahren und methodische Ansätze zurückzuführen.

Entgegen der Meinung einiger Autoren (KLEINMAN et al., 1973; MYRSTEN et al., 1972) Rauchentzug führe zu einer Erhöhung des Wachheitsgrades und damit zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit, kommt in der vorliegenden Untersuchung zum Ausdruck, daß einfache und v.a. komplexe psychomotorische Leistungen starker Raucher im Entzug negativ beeinflußt werden. Dies steht in Einklang mit der Annahme, daß vielmehr das Rauchen eine erhöhte zentrale Aktivierung bewirkt (GONZALES u. HARRIS, 1980; ANDERSSON, 1975; ANDERSSON u. HOCKEY, 1977; ANDERSSON u. POST, 1974; ELGEROT, 1976), bzw. einem Rückgang der Aufmerksamkeit in ermüdenden Situationen, in denen das Aktivitätsniveau der Formatio reticularis im Hirnstamm erniedrigt ist (vgl. MÜLLER- LIMMROTH, 1970), entgegenwirkt. Dafür spricht auch, daß die Leistungsminderung im Entzug kurzfristig durch Rauchen aufgehoben werden kann, wie in der vorliegenden Arbeit festgestellt wurde. MYRSTEN u. ANDERSSON (1978) gehen davon aus, daß der Gewohnheitsraucher ein meist konstant erhöhtes Aktivitätsniveau aufweist. Dies wird v.a. auf die Wirkung von Nikotin zurückgeführt (vgl. Kap. 2.1.2.4), ist aber auch der Wirkung von Duftstoffen im Zigarettenrauch

zuzuschreiben, denn bei Riechreizen sind stärkste retikuläre Wirkungen zu erwarten, weil das der *Formatio reticularis* in anatomischer und funktioneller Hinsicht nahestehende limbische System phylogenetisch dem Riechhirn entstammt (MÜLLER-LIMMROTH, 1979). Stellen starke Raucher nun plötzlich das Rauchen ein, kommt es zu einer Minderung des Wachheitsgrades und u.U. zu einem Stimmungsumschwung (MYRSTEN u. ANDERSSON, 1978). Dies wiederum kann zur Abnahme der Leistungsfähigkeit führen, was besonders dann zum Tragen kommt, wenn vom Raucher hohe Aufmerksamkeit, schnelles Reaktionsvermögen und Ausdauerbereitschaft in monotonen und/oder langen Belastungsphasen verlangt werden.

Tabakbestandteile bewirken im Organismus physiologische Reaktionen, welche auch im Streß auftreten (vgl. Kap. 2.1.2.4). KLENSCH (1973) bezeichnet das Rauchen als "willkürlich-pharmakologisch herbeigeführtes Modell eines stillen Stresses". "Stiller Streß" oder "Disstreß" aber wird als wesentlicher Faktor bei der Entstehung von Zivilisationskrankheiten angesehen (MÜLLER-LIMMROTH, 1980; KLENSCH, 1973). Von den in dieser Arbeit ermittelten physiologischen Größen kommt der Herzfrequenz die größte Bedeutung zu. Es fand sich bei den Rauchern unter Entzugsbedingungen eine im Mittel um 12.5% erniedrigte Schlagfrequenz. Nach Abbruch des Entzugs erfolgte ein rasches Ansteigen des Wertes um ca. 10- 20 Schläge/Minute. Diese Tendenz wird sehr einheitlich auch von anderen Autoren beschrieben (vgl. LARSON u. SILVETTE, 1968, S.99 ff.; AGUÉ, 1974; MYRSTEN et al, 1972; KLENSCH, 1973; ARMITAGE, 1978, ANDERSSON u. POST, 1974). In einigen Arbeiten wird über die Zunahme des Hautleitwertes infolge vermehrter Schweißsekretion beim Rauchen berichtet. Aufgrund der großen individuellen Unterschiede streuen die Meßwerte des Raucherkollektives in der vorliegenden Untersuchung so stark, daß leistungsbezogene Aussagen nicht möglich sind. Die physiologischen Größen Sinusarrhythmie und Motilität ließen keine si-

cheren Unterschiede in Abhängigkeit von Rauch- oder Entzugsbedingungen erkennen.

Bei der Erhebung von subjektiven Daten wird von den Befragten sehr häufig eine Erhöhung der Aufmerksamkeit und innere Entspannung mit dem Rauchen in Zusammenhang gebracht (GILBERT, 1979; MYRSTEN u. ANDERSSON, 1978). So überrascht nicht, daß sich die Versuchspersonen in der vorliegenden Untersuchung im Entzug signifikant als weniger aktiv einstufen als unter Rauchbedingungen. Auch CAILLÉ u. BASSANO (1974) und HEIMSTRA (1973) berichteten über ähnliche Wirkungen. Andere typische Entzugssymptome, wie z.B. erhöhte Reizbarkeit oder Angst (vgl. Tab. 4, S.34), traten bei der kurzen Entzugsdauer nicht auf, lediglich das allgemeine Wohlbefinden war leicht beeinträchtigt. Während die meisten Vpn. ihre zu erbringenden Leistungen im Entzug niedriger ansetzten und sich dann tatsächlich auch nicht verbessern konnten, erbrachten jedoch auch jene Vpn. geringere Leistungen, die glaubten, Zigarettentzug wirke sich positiv oder neutral auf ihre Ergebnisse aus. Interessanterweise hatte die Zeitpunkt des Entzugs (tags oder nachts) keine Auswirkung auf das Leistungsverhalten der Raucher, wohl aber auf deren subjektives Empfinden; so daß man schließen kann, daß Leistungsänderungen eher auf physische, als auf psychische Wirkungen des Rauchentzugs zurückzuführen sind.

Wenngleich die Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf das Autofahren im Straßenverkehr nur bedingt möglich ist (vgl. Kap. 3.1), so sind dennoch grundlegende Elemente einer Fahrzeugführung hilfreich für die Beurteilung der realen Fahrleistung (LINNOILA, 1974).

Da in der vorliegenden Arbeit die Leistungseinbußen durch Rauchentzug weitaus stärker zum Tragen kommen als die Leistungsminderung durch die Einwirkung von Schadstoffen beim Rauchen einerseits oder das Zigarettenhandling andererseits, kann die Forderung nach einem allgemeinen Rauchverbot am Steuer nicht erhärtet werden.

Besonders kritisch müssen Untersuchungen betrachtet werden, in denen Rauchen mit größerer Unfallhäufigkeit in Zusammenhang gebracht wird (z.B. TISCHENDORF, 1959; MC GUIRE, 1972), die aber andere Einflüsse, wie etwa Alkoholwirkungen, vollkommen außer acht lassen (vgl. WALLER u. THOMAS, zit. nach MOSER, 1976). Auch werden höhere Unfallzahlen vielfach eher auf Persönlichkeitsmerkmale der Raucher, wie z.B. geringere Anpassungsfähigkeit, als auf das Rauchen selbst zurückgeführt (SCHERER, 1979; MOSER, 1976), so daß von einem allgemeinen Rauchverbot am Steuer kein Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit zu erwarten ist.

5. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit den Auswirkungen des Rauchens und des Rauchentzuges auf bestimmte, grundlegende Elemente der Fahrzeugführung.

Im praktischen Teil der Arbeit hatten 24 starke Zigarettensraucher nach einer ausreichenden Eingewöhnungszeit 3 Versuche von je 136 Minuten Dauer zu absolvieren, in denen sowohl Tracking-, als auch Wahlreaktionstests dargeboten wurden. Außerdem wurden physiologische Größen erfaßt und subjektive Daten erhoben. An 2 Versuchstagen mußte vor dem Test ein Rauchentzug von mindestens 6 Stunden Dauer eingehalten werden, welcher in einem Fall während der gesamten Dauer des Versuches, im anderen Fall nur zum Teil fortgesetzt werden mußte. Die Reihenfolge der 3 Versuche wurde für jeden Probanden nach dem Zufallsprinzip ermittelt. Das Gesamtkollektiv wurde in eine Vormittags- und in eine Nachmittagsgruppe aufgeteilt.

Als wichtigstes Ergebnis stellte sich eine im Entzug signifikant schlechtere Leistung sowohl im Tracking-, als auch im Reaktionszeittest und eine nicht signifikante Zunahme der Fehlerquote im Reaktionstest heraus. Nach Entzugsabbruch stellte sich prompt eine Leistungsverbesserung auf das Niveau des entzugsfreien Versuches ein. Tageszeitliche Einflüsse auf das Leistungsvermögen der Probanden wurde nicht festgestellt. Bei den abgeleiteten physiologischen Größen zeichnete sich v.a. eine durchgehend stark erniedrigte Herzfrequenz während des Rauchentzuges und ein unmittelbares Ansteigen dieser Größe nach Abbruch des Entzuges ab. Sinusarrhythmie, Hautleitfähigkeit und Bewegungsaktivität waren nicht eindeutig in Abhängigkeit vom Rauchen verändert. Als wesentliches Ergebnis der subjektiven Erhebungen traten im Entzug eine signifikante Minderung der empfundenen Aktivität, ein reduziertes Wohlempfinden und eine schlechtere Leistungsprognose hervor. Auch jene Probanden, die glaubten, der Entzug

wirke sich positiv auf ihre Leistungen aus, konnten sich nicht verbessern. Der tageszeitliche Einfluß des Entzugs auf die Stimmung der Raucher war stark und kam v.a. in der grösseren emotionalen Gereiztheit der abstinenten Raucher in der Nachmittagsgruppe zum Ausdruck.

Insgesamt wird in der vorliegenden Studie die Auswirkung des Zigarettenentzugs auf die psychophysische Leistungsfähigkeit starker Raucher negativ beurteilt. Dies wird mehr auf die physiologische Wirkungen des Tabakrauches, als auf psychische Wirkungen zurückgeführt. Die Forderung nach einem allgemeinen Rauchverbot am Steuer kann durch die Ergebnisse dieser Arbeit nicht erhärtet werden.

6. Anhang

Tabelle 4:

Auswirkung der experimentellen Anwendung von Kohlenmonoxid beim Menschen
(z.T. nach STEWART, 1975)

CO-Konzentration (ppm)	Dauer	Wirkung	Kommentar	Autoren
<u>Zeitschätzen und Psychomotorik</u>				
0,50,100, 175,250	4 Std.	Bei geschätztem COHb von ca. 2,5% Abnahme des Unterscheidungsvermögens verschiedener Tonlängen	Einfacher Blindversuch, 18 Probanden, COHb nicht gemessen	BEARD u. WERTHEIM (1967)
0,50,100, 175,250	4 Std.	Bei geschätztem COHb von ca. 2,5% signifikantes Überschätzen eines Zeitintervalls von 30 sec und Abnahme des Unterscheidungsvermögens verschiedener Tonlängen	Einfacher Blindversuch, 7 Probanden, COHb nicht gemessen	BEARD u. WERTHEIM (1969)
0,50,125, 200,250	30 Min.	Keine Minderung im Zeitschätzen von 10 Sekunden und bei psychomotorischer Tätigkeit	Doppel- Blindverfahren, 10 Probanden, COHb gemessen	MIKULKA et al. (1970)
1,25,50, 100,200, 500,1000	30 Min. bis 24 Std.	Keine Minderung im Zeitschätzen von 1,3 oder 5 Sekunden und bei psychomotorischer Tätigkeit	Doppel- Blindverfahren, 18 Probanden, COHb gemessen	STEWART et al. (1970)
0,50,125	3 Std.	Keine Minderung im Zeitschätzen von 10 Sekunden, keine Auswirkung auf psychomotorische Tätigkeit	Doppel- Blindverfahren, 9 Probanden, COHb gemessen	O'DONNELL et al. (1971)
0,75,150	9 Std.	Keine Minderung im Zeitschätzen von 10 oder 30 Sekunden und im Zeitunterscheidungstest nach BEARD u. WERTHEIM	Doppel- Blindverfahren, 4 Probanden, COHb gemessen	O'DONNELL et al. (1971)

CO-Konzentration (ppm)	Dauer	Wirkung	Kommentar	Autoren
2,50,100, 200,500	2,5 bis 5 Std.	Keine Minderung im Zeitschätzen von 10 oder 30 Sekunden und im Zeitunterscheidungstest nach BEARD u. WERTHEIM	Doppel- Blindverfahren, 27 Probanden, COHb gemessen	STEWART et al. (1973)
-	-	Keine Abnahme der Leistung	Wiederholung des BEARD-WERTHEIM-Versuches, 13 männliche Probanden, Nichtraucher	OTTO et al. (1979)
<u>Sehvermögen</u>				
-	-	Abnahme des Sehvermögens bei 5% COHb	COHb- Sättigung: 5-20%	McFARLAND et al. (1944)
1000 000	10 bis 15 Min.	Sehstörungen bei 4,5% COHb	COHb- Sättigung bis 20%	HALPERIN et al. (1959)
200	3 Std.	Keine Veränderung von Sehvermögen, Reaktionszeit, Augenbewegungen und der visuell evozierten Potentiale	18 Vpn.: 12 Nichtraucher, 6 Raucher	LURIA u. McKAY (1979)
<u>Verschiedene Wahrnehmungstests</u>				
0,100	vari-iert	Abnahme der Arithmetikleistung, Verschlechterung in zahlreichen Wahrnehmungstests bei 5% COHb	Einfacher Blindversuch, 49 Vpn., COHb- Sättigung bis 20%	SCHULTE (1963)
0,100	8 Std.	Leistungsabnahme bei umfangreichen psychologischen Aufgaben bei 7% COHb	42 männliche und weibliche Vpn.	BENDER et al. (1971)
0,50,100, 150	110 Min.	Abnahme der Aufmerksamkeit im Hörtest bei 50 ppm CO	20 männliche und weibliche Vpn.	GROLL-KNAPP et al. (1972)

CO-Konzentration (ppm)	Dauer	Wirkung	Kommentar	Autoren
0,50	5 Std.	Abnahme der Aufmerksamkeit im Hörtest nach 89 Minuten Exposition, Normalisierung 35 Minuten nach Testende, nach Exposition: normale psychomotorische Leistung	12 männliche und weibliche Vpn.	FODOR u. WINNEKE (1972)
0,26,111	135 bis 140 Min.	Verminderung der Aufmerksamkeit bei 6,6% COHb, normale Leistung bei 2,3% COHb	Einfach- Blindversuch, 10 Vpn.	HORVATH (1971)
0,100	4 Std.	Unveränderte Leistung im Trackingversuch	Untrainierte Vpn.	HANKS (1970)
100	8 Std. beruflich	Kopfschmerzen, Schwäche, EEG-Veränderungen in der exponierten Gruppe	Durchschnittliche COHb-Werte: 7% (exponierte Gruppe) 3% (Kontrollgruppe)	GRUDZINSKA (1963)
1,25,50, 100,200, 500,1000	30 Min. bis 24 Std.	Änderung der visuell evozierten Potentiale bei 20% COHb, keine grobe Veränderung im Spontan-EEG bei COHb-Sättigung bis 33%	Teil der Untersuchung von STEWART (1970)	HOSKO (1970)
1100	6x5 Min.	Bei COHb von 12-13% keine Veränderung der visuellen Wahrnehmungsgeschwindigkeit und -genauigkeit, lineare Abnahme der kritischen Flimmererschmelzungsfrequenz bei COHb-Zunahme	44 Probanden, 22 Raucher und 22 Nichtraucher	SEPPÄNEN et al. (1977)
<u>Fahren</u>				
960-1060	58-76 Min	Normale Fahrleistung bei 25,1-30,4% COHb		FORBES et al. (1937)
1100-1400	45-65 Min.	ausgeprägter Leistungsabfall ab 30% COHb		FORBES et al. (1937)

CO-Konzentration (ppm)	Dauer	Wirkung	Kommentar	Autoren
-	-	Abnahme der Fahrleistung ab 10% COHb		RAY u. ROCKWELL (1970)
1000 000	-	Abnahme der Fahrgeschicklichkeit bei 3,4% COHb	50 Vpn.	WRIGHT et al. (1973)
0,700	bis zu 1 Std.	Minderung der Fahrfähigkeit bei 11-17%-iger COHb-Sättigung, normale Fahrleistung bei 6% COHb		McFARLAND (1973)
800	2 Std.	Bei COHb- Werten von 6-8% Verlangsamung der Reaktion auf Geschwindigkeitsänderung, keine Veränderung beim visuellen Reaktions-test und beim Spurhalten	Fahrssimulator, 6 männliche und 1 weibliche Vpn., 6 Raucher und 1 Nichtraucher	HUMMO u. SARLANIS (1974)
-	5 Std.	Keine Veränderungen der Leistung bei COHb- Werten von 7 bzw. 11%	Fahrssimulator, 8 Probanden, Nichtraucher	GUILLERM (1978)

7. Literaturverzeichnis

- ADAMS, J.R. and E.B. WILLIAMS: The Association Between Smoking and Accidents: Overdependency as an Influencing Variable. *Traffic Quarterly* 20, 538 (1966)
- ADLER, A., STRASSER, H. and W. MÜLLER-LIMMROTH: Effects of Massed and Distributed Practice, Additional Monetary and Placebo Incentives, and Changes in Characteristics of Control Element during Learning of Human Motor Control. *Percept. and Mot. Skills*, 42, 1335-1338 (1976)
- AGUÉ, C.: Cardiovascular Variables, Skin Conductance and Time Estimation: Changes after the Administration of Small Doses of Nicotine. *Psychopharmacologia (Berl.)* 37, 109-125 (1974)
- AMELANG, M.: Untersuchungen über die Unterbrechung einfacher motorischer Handlungen. *Z. f. exp. u. angew. Psych.*, XIV, 4, 545-569 (1967)
- ANDERSSON, K.: Effects of Cigarette Smoking on Learning and Retention. *Psychopharmacologia*, 41, 1-5 (1975)
- ANDERSSON, K. and R.J. HOCKEY: Effects of Cigarette Smoking on Incidental Memory. *Psychopharmacology*, 52, 223-226 (1977)
- ANDERSON, K. and B. POST: Effects of Cigarette Smoking on Verbal Rote Learning and Psychophysiological Arousal. *Scandinav. J. Psychol.*, 15, 263-267 (1974)
- ARMITAGE, A.K.: The Role of Nicotine in the Tobacco Smoking Habit. in: THORNTON, R.E. (Ed.): *Smoking Behavior*. Churchill Livingstone, Edinburgh/London/New York (1978)
- ARMITAGE, A.K., C.T. DOLLERY, C.F. GEORGE, T.H. HOUSEMAN, P.J. LEWIS and D.M. TURNER: Absorption and Metabolism of Nicotine from Cigarettes. *Brit. Med. J.*, 4, 313-316 (1975)
- ASHTON, H. and R. STEPNEY: *Smoking. Psychology and Pharmacology*. Tavistock Publications, London/New York (1982)
- BÄTTIG, K.: The Smoking Habit and Psychopharmacological Effects of Nicotine. *Activ. nerv. sup. (Praha)*, 22, No. 4, 274-288 (1980)
- BEARD, R.R. and G.A. WERTHEIM: Behavioral Impairment Associated With Small Doses of Carbon Monoxide. *A. J. P. H.*, Vol. 57, No. 11, 2012-2022 (1967)

- BEARD, R.R. and G.A.WERTHEIM: Behavioral Manifestations of Carbon Monoxide Absorption. Presented at 16th Int. Congr. Occupational Health, Tokyo (1969)
- BECKETT, A.H., M.ROWLAND, E.J.TRIGGS: Significance of Smoking in Investigation of Urinary Excretion Rates of Amines in Man. *Nature (Lond.)*, 207, 200-201 (1965)
- BECKETT, A.H., E.J.TRIGGS: Determination of Nicotine and its Metabolite Cotinine in Urine by Gas Chromatography. *Nature (Lond.)*, 211, 1415-1417 (1966)
- BECKETT, A.H., E.J.TRIGGS: Enzymeinduction in Man Caused by Smoking. *Nature (Lond.)*, 261, 587 (1967)
- BENDER, W. et al: *Arch. Toxikol.*, 27, 142-158 (1971); zit. nach STEWARD (1975)
- BORBÉLY, F.: Toxikologische Aspekte des Rauchens. *Umschau*, 2, 37-42 (1963)
- BOWMAN, E.R., L.B.TURNBALL, H.J.MC KENNIS: Metabolism of Nicotine in the Human and Excretion of Pyridine Compounds by Smokers. *J. Pharmac. exp. Ther.*, 127, 92-95 (1959)
- BURCH, G.E. and N.P.DE PASQUALE: A Study of Variables which Offer Difficulty in the Evaluation of the Peripheral Vascular Response to Cigarette Smoking. *J. Lab. Clin. Med.*, 58, 694-703 (1961)
- BURN, J.H., L.H.TRUELOVE, S.BURN: The Antidiuretic Action of Nicotine and Smoking. *Brit. Med. J.*, 403-406 (1945)
- CAILLE, E.-J., J.-L.BASSANO: Personnalité et Tabac. Effets électrophysiologiques de la privation chez le fumeur d'habitude. *Psychologie médicale*, 6(8), 1571-1600 (1974)
- CHESICK, R.D.: The Problem of Tobacco Habituation. *JAMA*, 188, 932-933 (1964)
- COTTEN, D.J., J.R.THOMAS and D.STEWART: Immediate Effects of Cigarette Smoking on Simple Reaction Time of College Male Smokers. *Percept. Mot. Skills*, 33, 336 (1971)
- DOMINO, E.F.: Behavioral, Electrophysiological, Endocrine, and Skeletal Muscle Actions of Nicotine and Tobacco Smoking. in: REMOND, A. and C.IZARD (Eds): Electrophysiological effects of nicotine. Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam/Oxford/New York (1979), Bibl X25

- DOMINO, E.F. and K.-I. YAMAMOTO: Nicotine: Effect on the Sleep Cycle of the Cat.
Science, 150, 637 (1965)
- EDMUNDOWICZ, A.C., R.L. PIFER and R.J. MARSHALL: Cardiac Output During Cigarette Smoking.
Fed. Proc, 23(2), 465 (1964)
- ELGEROT, A.: Note on Selective Effects of Short-Term Tobacco-Abstinence on Complex versus Simple Mental Tasks.
Percept. Mot. Skills, 42, 413-414 (1976)
- EYSENCK, H.J.: Personality and Cigarette Smoking.
Life Sciences, Vol.3, 777-792 (1963)
- FEYERABEND, C. and M.A.H. RUSSEL: Effect of Urinary pH and Nicotine Excretion Rate on Plasma Nicotine During Cigarette Smoking and Chewing Nicotine Gum.
Brit. J. Clin. Pharmac., 5, 293-297 (1978)
- FODOR, B. and R. WINNEKE: VDI Berichte, 180, 98-106 (1972);
zit. nach STEWART (1975)
- FORBES, W.H., et al.: The Influence of Moderate Carbon Monoxide Poisoning upon the Ability to Drive Automobiles.
J. Ind. Hyg. Toxicol., 19, 598-603 (1937)
- FORBES, W.F., J.C. ROBINSON, J.A. HANLEY and H.N. COLNBURN: Studies on the Nicotine Exposure of Individual Smokers.
I. Changes in Mouth-Level Exposure to Nicotine on Switching to Lower Nicotine Cigarettes.
Int. J. Addict., 11(6), 933-950 (1976)
- FORTH, W., O. HENSCHLER und W. RUMMEL: Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie.
4. Aufl., Bibliographisches Institut-Wissenschaftsverlag, Mannheim, Wien, Zürich (1983)
- FRANKENHAEUSER, M., A.-L. MYRSTEN, B. POST and G. JOHANNSEN: Behavioural and Physiological Effects of Cigarette Smoking in a Monotonous Situation.
Psychopharmacologia, 22, 1-7 (1971)
- FRITH, C.D.: The Effect of Varying the Nicotine Content of Cigarettes on Human Smoking Behaviour.
Psychopharmacologia, 19, 188-192 (1971)
- GILBERT, D.G.: Paradoxical Tranquilizing and Emotion-Reducing Effects of Nicotine.
Psychol. Bull., 86(4), 643-661 (1979)
- GINZEL, K.H.: Introduction of the Effects of Nicotine on the Central Nervous System.
Ann. N.Y. Acad. Sci., 142(1), 101-120 (1967)

- GOLDFARB,T.L., E.R.GRITZ, M.E.JARVIK and I.P. STOLERMAN: Reactions to Cigarettes as a Function of Nicotine and 'Tar'. Clin. Pharmacol. Ther., 19, 767-772 (1976)
- GOLDFARB,T.L., M.E.JARVIK and S.D.GLICK: Cigarette Nicotine Content as a Determinant of Human Smoking Behavior. Psychopharmacologia (1970)
- GOLDFARB,T.L. and M.E.JARVIK: Accomodation to Restricted Tobacco Smoke Intake in Cigarette Smokers. Int. J. Addict., 7, 559-565 (1972)
- GOLDING,J. and G.L.MANGAN: Arousing and De- Arousing Effects of Cigarette Smoking Under Conditions of Stress and Mild Sensory Isolation. Psychophysiology, 19(4), 449-456 (1982)
- GONZALES,M.A. and M.B.HARRIS: Effects of Cigarette Smoking on Recall and Categorization of Written Material. Percept. Mot. Skills, 50, 407-410 (1980)
- GOODMAN,L.S. and A.GILMAN: The Pharmacological Basis of Therapeutics. Macmillan Publishing Co, inc.N.Y., 5.Aufl., Kap.27 (1980)
- GORROD,J.W. and P.JENNER: The Metabolism of Tobacco Alkaloids. Essays Toxicol., 6, 35-78 (1975)
- GRITZ,E.R., V.BAER-WEISS and M.E.JARVIK: Titration of Nikotine Intake with Full- Length and Half- Length Cigarettes. Cli. Pharmacol. Therap., 20(5), 552-556 (1976)
- GROLL- KNAPP,E. et al: VDI Berichte, 180, 116-120 (1972); zit. nach STEWART (1975)
- GRUDZINSKA,B.: Folia Med. Cracov., 3, 493-515 (1963); zit. nach STEWART (1975)
- GRUNDMAN,E.: Obstruktive Lungenerkrankungen. Münch. med. Wschr., 122, Suppl.1, 4-6 (1980)
- GUILLERM,R., E.BAZISZEWSKI and J.E.CAILLE: Effects of Carbon Monoxide on Performance in a Vigilance Task (Automobile Driving). In: THORNTON, R.E.(Ed): Smoking Behaviour. Churchill Livingstone, Edinburgh/London/New York, S. 148-155 (1978)
- HALPERIN,M.H., et al.: The Time Course of the Effects of Carbon Monoxide on Visual Thresholds. J. Physiol., 146, 583-593 (1959)

- HANKS, T.G.: Human Performance of a Psychomotor Test as a Function of Exposure to Carbon Monoxide.
Ann. N.Y. Acad. Sci., 174(1), 421-424 (1970)
- HARTLEY, L.R.: Cigarette Smoking and Stimulus Selection.
Br. J. Psychol., 64(4), 593-599 (1973)
- HAUSMANN, C. und L. HAUSMANN: Tabak seit Anno Tabak.
Bruckmann München (1961)
- HEIMSTRA, N.W., N.R. BANCROFT and A.R. DeKOCK: Effects of Smoking upon Sustained Performance in a Simulated Driving Task.
Ann. N.Y. Acad. Sci., 142(1), 295-307 (1967)
- HEIMSTRA, N.W.: The Effects of Smoking on Mood Change.
In: E.W. DUNN (Ed.): Smoking Behavior. Motives and Incentives. Winston & Sons, Washington (1973)
- HEIMSTRA, N.W., J.J. FALLESEN, S.A. KINSLEY and N.W. WARNER: The Effects of Deprivation of Cigarette Smoking on Psychomotor Performance.
Ergonomics, 23(11), 1047-1055 (1980)
- HERNINGS, R.I., R.T. JONES, J. BACHMAN and A.H. MINES: Puff Volume Increases when Low-Nicotine Cigarettes are Smoked.
Brit. Med. J., 283, 187-189 (1981)
- HÖRATH, H.: Gifte.
Wiss. Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart (1981), S. 135
- HOLDING, D.H.: Repeated Errors in Motor Learning.
Ergonomics, 13, 6, 727-734 (1970)
- HORVATH, S.M., T.E. DAHMS and J.F. O'HANLON: Arch. Environ. Health, 23, 343-347 (1971); zit. nach STEWART (1975)
- HOSKO, M.J.: The Effect of Carbon Monoxide on the Visual Evoked Response in Man and the Spontaneous Electroencephalogram.
Arch. Environ. Health, 21, 174-180 (1970)
- ISAAC, P.F. and M.J. RAND: Cigarette Smoking and Plasma Levels of Nicotine.
Nature, 236 (5345), 308-310 (1972)
- IRVING, D.W. and T. YAMAMOTO: Cigarette Smoking and Cardiac Output.
Brit. Heart J., 25, 126-132 (1963)
- JANKE, W. und G. DEBUS: Die Eigenschaftswörterliste EWL.
Hogrefe Verlag Göttingen (1978)

- JARVIK,M.E.: Biological Factors Underlying the Smoking Habit.
in: JARVIK et al.(Eds): Research on Smoking Behavior.
NIDA Research Monograph No.17, Rockville (1977)
- JARVIK,M.E.: Tolerance to the Effects of Tobacco.
in: KRASNEGOR,N.A. (Ed): Cigarette Smoking as a
Dependence Process. NIDA Research Monograph No.23,
Rockville (1979).
- JOST,F.: Tabakrauchen und Straßenverkehr.
Med. Welt, 1, 30-35 (1965)
- JUNGE,B.: Lungenkrebssterblichkeit und Zigarettenkonsum in
Europa, Nordamerika, Japan und Australien. Regionale
Unterschiede und zeitliche Entwicklung.
Bundesgesundheitsblatt, 23(8), 114-121 (1980)
- KLEINMAN,K.M., R.L.VAUGHN and T.S.CHRIST: Effects of Cigarette Smoking
and Smoking Deprivation on Paired-Associate Learning
of High and Low Meaningful Nonsense Syllables.
Psychol. Rep., 32, 963-966 (1973)
- KLENSCH,H.: Mittelbare und unmittelbare Nikotineinwirkungen auf
das arterielle Gefäßsystem.
Z. f. Kardiol., 63(6), 494-509 (1973)
- KOZLOWSKI,L.T.: The Role of Nicotine in the Maintained Use of
Cigarettes.
Drug Merchandising, 36-43 (1980)
- KRAFFT,S.:
Med. Dissertation, unveröffentlicht, München, (1984)
- LAFFAN,R.J. and H.L.BORISON: Emetic Action of Nikotine and Lobeline.
J. Pharmac. exp. Ther., 121, 468-476 (1957)
- LAMBRECHT,G.: Nikotin - Pharmakokinetik und Pharmakodynamik eines
Suchtstoffes.
Med. Mo. Pharm., 5.Jg., H.3, 87-90 (1982)
- LANGEN,D.: Tabakmißbrauch.
MMG, 3, 23-29 (1978)
- LARSON,P.S. and H.SILVETTE : Tobacco. Experimental and Clinical Studies.
Suppl. I,
The Williams & Wilkins Company, Baltimore (1968)
- LEIGH,G., J.E.TONG and J.A.CAMPBELL: Effects of Ethanol and Tobacco on
Divided Attention.
J.Stud.Alcohol, 38(7), 1233-1239 (1977)
- LINNOILA,M.: Effect of Drugs and Alcohol on Psychomotor Skills
Related to Driving.
Annals of clinic research, 6,7-18 (1974)

- LUBAN-PLOZZA,B.: Psychologische Aspekte des Tabakgenusses.
Praxis 24, 836 (1964)
- LUBAN-PLOZZA,B.: Das Rauchen und die Möglichkeit der Raucher-
Entwöhnung.
Münch. med. Wschr., 51, 2322-2327 (1970)
- LUCE,B.R. and S.O.SCHWEITZER: The Economic Costs of Smoked-Induced Ill-
ness.
in: JARVIK et al.(Eds): Research on Smoking Behavior.
NIDA Research Monograph No.17, Rockville (1977)
- LÜDERITZ,P.: Die nachweisbaren Wirkungen von Kohlenmonoxid auf den
menschlichen Organismus.
Z.ges.Hyg., 18, 898-903 (1972)
- LURIA,S.M. and C.L.McKAY: Effects of Low Levels of Carbon Monoxide on
Visions of Smokers and Nonsmokers.
Archives of Environmental Health, Jan/Feb. 1979,
38-44.
- LYON,R.J., J.E.TONG, G.LEIGH and G.CLARE: The Influence of Alcohol and
Tobacco on the Components of Choice Reaction Time.
J. Stud. Alcohol, 36(5), 587-596 (1975)
- MANGAN,G.L. and J.GOLDING: An 'Enhancement' Model of Smoking Maintenance?
in: THORNTON,R.E.(Ed): Smoking Behavior.
Churchill Livingstone,Edinburgh/London/New York(1978)
- McFARLAND,R.A., et al.: The Effects of Carbon Monoxide and Altitude on
Visual Thresholds.
J. Aviat. Med., 15, 381-394 (1944)
- McFARLAND,R.A.: Low Level Exposure to Carbon Monoxide and Driving
Performance.
Arch. Environm. Health, 27, 355-359 (1973)
- McGUIRE,F.L.: Smoking,Driver Education and Other Correlates of
Accidents Among Young Males.
J. Safety Res., 4(1), 5-8 (1972)
- MIKSIC,J: Neka zapazanja o djelovanju nikotina na organizam
čovjeka.
Acta Med. Jugosl., 15, 470-476 (1961)
- MIKULKA,P.J., R.O'DONNELL, P.HEINIG and J.THEODORE: The Effect of Carbon
Monoxide on Human Performance.
Ann. N.Y. Acad. Sci., 174, 409-420 (1970)
- MOHL,H: Raucher- Report '79.
Dt. Ärzteblatt 37, 2348-2352 (1979)

- MOSER,L.: Die Wirkung der Verkehrsabgase und des Rauchens am Steuer auf die Verkehrssicherheit.
Unveröffentlicher Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen (1976)
- MÜLLER-LIMMROTH,W.: Die physiologischen Grundlagen der Anforderung im Straßenverkehr.
In: WAGNER,K.u.WAGNER,H.J.(Hrsg.): Handbuch der Verkehrsmedizin.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1968)
- MÜLLER-LIMMROTH,W.: Automation, nervöse Ermüdung, Erholung.
Fortschr.Med. 88, Nr.24 (1970)
- MÜLLER-LIMMROTH,W.: Die Beeinträchtigung der Leistung durch Stressoren am Arbeitsplatz.
Therapiewoche, 29, 4948-4952 (1979)
- MÜLLER-LIMMROTH,W.: Seelische und körperliche Störungen durch Streß.
Die Heilkunst, 10 (1980)
- MYRSTEN,A.-L. and K.ANDERSSON: Effects of Cigarette Smoking on Human Performance.
in: THORNTON,R.E.(Ed): Smoking Behavior.
Churchill Livingstone,Edinburgh/London/New York(1978)
- MYRSTEN,A.-L., K.ANDERSSON, M.FRANKENHAEUSER and A.ELGEROT:
Immediate Effects of Cigarette Smoking as Related to Different Smoking Habits.
Percept. Mot. Skills, 40, 515-523 (1975)
- MYRSTEN,A.-L., A.ELGEROT and B.EDGREN: Effects of Abstinence from Tobacco Smoking on Physiological and Psychological Arousal Levels in Habitual Smokers.
Psychosom. Med., 39(1), 25-38 (1977)
- MYRSTEN,A.-L., B.POST, M.FRANKENHAEUSER and G.JOHANNSEN: Changes in Behavioural and Physiological Activation Induced by Cigarette Smoking in Habitual Smokers.
Psychopharmacologia, 27, 305-312 (1972)
- N.N.: Daten des Gesundheitswesens, Ausgabe 1980.
Schriftenreihe des Bundesgesundheitsministers für Jugend, Familie und Gesundheit, Band 151;
Verlag W. Kohlhammer Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz;
S. 84-90
- N.N.: Die Zeit, vom 25.11.1966
- N.N.: Welt am Sonntag, vom 13.8.1972
- N.N.: Frankfurter Allgemeine, vom 8.11.73

- N.N.: Rechtskunde für jedermann: "Rauchen während der Fahrt"
Münchner Stadtanzeiger, München, 9 (1980a)
- N.N.: Rauchen am Steuer erhöht die Unfallgefahr deutlich.
Bremer Nachrichten, Die Norddeutsche, Bremen-Vegesack
27.3.1980b
- N.N.: Fahren Raucher schlechter?
ADAC-Motorwelt Nr.11 (1979)
- O'DONNELL,R.D., P.CHIKOS and J.THEODORE: Effect of Carbon Monoxide Exposure on Human Sleep and Psychomotor Performance.
J. Appl. Physiol., 31(4), 513-518 (1971)
- O'DONNELL,R.D. et al: Toxicol. Appl. Pharmacol., 18, 593-602 (1971);
zit. nach STEWART (1975)
- OPTZ,K. und M.HORSTMANN: Nikotin. Pharmakologie eines abhängig machenden Stoffes.
Dt. Ärzteblatt, 40, 1869-1873 (1981)
- OTTO,D.A., V.A.BENIGNUS and L.D.PRAH: Carbon Monoxide and Human Time Discrimination: Failure to Replicate Beard- Wertheim Experiments.
Aviat. Space Environ. Med., 50(1), 40-43 (1979)
- PUPKA,M.v.: Der Einfluß des Rauchens auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit.
Bericht zum Forschungsprojekt 7530 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Köln (1977)
- RAY,A.M. and T.H.ROCKWELL: An Exploratory Study of Automobile Driving Performance under the Influence of Low Levels of Carboxyhaemoglobin.
Ann. N.Y. Acad. Sci., 174(1), 396-407 (1970)
- ROSENBERG,A.: Fall in Carbon Monoxide Blood Levels After Stopping Smoking.
The Lancet, 3/11/72, 593 (1972)
- ROSENBERG,J., N.L.BENOWITZ, P.JACOB and K.M.WILSON: Disposition Kinetics and Effects of Intravenous Nicotine.
Clin. Pharmacol. Ther., 28, 517-522 (1980)
- ROTTENSTEIN,H., G.PEIRCE, E.RUSS, D.FELDER and H.MONTGOMERY: Cardiovascular Effects of Nicotine and Smoking.
Part III. The Influence of Nicotine and Smoking on the Peripheral Circulation. Influence of Nicotine on the Blood Flow of Resting Skeletal Muscle and of the Digits in Normal Subjects.
Ann. N.Y. Acad. Sci., 90, 102-113 (1960)

- RUMMO,N. and K.SARLANIS: The Effect of Carbon Monoxide on Several Measures of Vigilance in a Simulated Driving Task.
J. Safety Research, 6(3), 126-130 (1974)
- RUSSELL,M.A.H.: Cigarette Dependence: I - Nature and Classification.
Brit. Med. J., 2, 330-331 (1971)
- RUSSELL,M.A.H.: Tobacco Dependence: Is Nicotine Rewarding or Adversive?
in: KRASNEGOR,N.A.(Ed.): Cigarette Smoking as a Dependence Process. NIDA Research Monograph No.23, Rockville (1979)
- RUSSEL,M.A.H., M.RAW and M.JARVIS: Clinical Use of Nicotine Chewing Gum.
Brit. Med. J., 280, 1599-1602 (1980)
- RUSSELL,M.A.H., S.R.SUTTON, C.FEYERABEND and P.V.COLE: Addiction Research Unit Nicotine Titration Studies.
in: THORNTON, R.E. (Ed.): Smoking Behavior. Churchill Livingstone, Edinburgh/London/New York (1978)
- SANDERS,Th.: Rauchen am Steuer?
Kölner Informationen zur Verkehrssicherheit, Nr.1/76, S.21-25 (1976)
- SCHACHTER,S.: Nicotine Regulation in Heavy and Light Smokers.
J. Exp. Psychol.: General, 106, 5-12 (1977)
- SCHACHTER,S.: Regulation, Withdrawal, and Nicotine Addiction.
in: KRASNEGOR, N.A. (Ed): Cigarette Smoking as a Dependence Process. NIDA Research Monograph No.23, Rockville (1979).
- SCHACHTER,S.: Pharmacological and Psychological Determinants of Smoking.
in: THORNTON, R.E. (Ed.): Smoking Behavior. Churchill Livingstone, Edinburgh/London/New York (1978)
- SCHECHTER,M.D. and M.J.RAND: Effect of Acute Deprivation of Smoking on Aggression and Hostility.
Psychopharmacologia (Berl.), 35, 19-28 (1974)
- SCHEIDEMANTEL,V. und S.DAUM: Kohlenmonoxyd-Hämoglobin-Konzentrationen bei der Münchner Bevölkerung.
Münch. med. Wschr., 115(4), 109-112 (1973)
- SCHERER,G.: "Fahren Raucher schlechter?"
Unveröffentlichte Stellungnahme zu einem Artikel in der ADAC-Motorwelt 11/79

- SCHIEVELBEIN, H.: Psychologische und biochemische Aspekte der Nikotinwirkung und des Rauchens.
Münch. med. Wschr., 919-924 (1967)
- SCHIEVELBEIN, H.: Nikotin.
1. Aufl., Thieme Verlag Stuttgart (1968)
- SCHIEVELBEIN, H.: Evaluation of the Role of Carbon Monoxide and Nicotine in the Pathogenesis of Arteriosclerosis and Cardiovascular Disease.
Preventive Medicine, 8, 379-389 (1979)
- SCHIEVELBEIN, H.: Nicotine, Resorption and Fate.
J. Pharm. Ther., 18, 233 (1982)
- SCHIEVELBEIN, H., K. GRUNDKE: Gaschromatographische Methode zur Bestimmung von Nikotin in Blut und Geweben.
Z. anal. Chem., 237, 1-8 (1968)
- SCHIEVELBUSCH, W.: Das Paradies, der Geschmack und die Vernunft.
Hanser Verlag München/Wien (1980)
- SCHMIDT, F.: Über die Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durch Rauchen.
Z.f.Verkehrssicherheit, 20 Nr.2, 109-122 (1974)
- SCHMIDT, R.F. und G. THEWS: Physiologie des Menschen.
19. Aufl., Springer Verlag Berlin/Heidelberg/New York (1977)
- SCHMITTERLÖW, C.G., E. HANSSON, G. ANDERSSON, L.-E. APPELGREN and P.C. HOFFMANN: Distribution of Nicotine in the Central Nervous System.
Ann. N.Y. Acad. Sci., 142, 2-14 (1967)
- SCHORI, T.R. and B.W. JONES: Smoking and Workload.
J. Mot. Behav., 7, 113-120 (1975)
- SCHULTE, J.H.: Effects of Mild Carbon Monoxide Intoxication.
Arch. Environ. Health, 7, 524-530 (1963)
- SEPPÄNEN, A., V. HÄKKINEN and M. TENKKU: Effect of Gradually Increasing Carboxyhaemoglobin Saturation on Visual Perception and Psychomotor Performance of Smoking and Nonsmoking Subjects.
Ann. Clin. Res., 9, 314-319 (1977)
- SHIFFMAN, S.M.: The Tobacco Withdrawal Syndrome.
in: KRASNEGOR, N.A. (Ed): Cigarette Smoking as a Dependence Process. NIDA Research Monograph No.23, Rockville (1979)

- SLANINA P. and H.TJAEVE: Accumulation of Nicotine in Pancreatic Islets and Calcitonin - Producing Cells in Mice and Chicks Demonstrated by Micro- and Whole-Body Autoradiography.
J. Endocr., 58, 21-30 (1973)
- SMITH,D.L., J.E.TONG and G.LEIGH: Combined Effects of Tobacco and Caffeine on the Components of Choice Reaction Time, Heart Rate, and Hand Steadiness.
Percept. Mot. Skills, 45, 635-639 (1977)
- SPOHR,U., N.HENGEN, J.HARENBERG, E.WALTER, J.AUGUSTIN, H.U.CROMBERG, H.MÖRL und E.WEBER: Nikotinwirkungen nach Zigarettenrauchen auf Kreislauf und Stoffwechsel unter Berücksichtigung der Plasmanikotin- und CO-Hb-Spiegel.
Münch. Med. Wschr., 122, Suppl.1, 25-32 (1980)
- STALHANDSKE,T., P.SLANINA, H.TJAEVE, E.HANSSON and C.G.SCHMITTERLOEW: Metabolism in Vitro of 14C- Nicotine in Livers of Foetal, Newborn and Young Mice.
Acta pharmac., 27, 363-380 (1969)
- STEPNEY,R.: Smoking Behaviour: A Psychology of the Cigarette Habit.
Brit. J. Dis. Chest, 74, 325-344 (1980)
- STEWART,R.D et al: Experimental Human Exposure to Carbon Monoxide.
Arch. Environ. Health, 21, 154-164 (1970)
- STEWART,R.D.: The Effect of Carbon Monoxide on Humans.
Ann. Rev. Pharmacol., 15, 409-423 (1975)
- STEWART,R.D., P.E.NEWTON, M.J.HOSKO and J.E.PETERSON: Effect of Carbon Monoxide on Time Perception.
Arch. Environm. Health, 27, 155-160 (1973)
- STRASSER,H.: Vergleichende Untersuchungen des Lernverlaufs in Trackingtests mit konstantem bzw. quasi-konstantem und sich adaptiv einstellendem Schwierigkeitsgrad.
Europ. J. Appl. Physiol., 32, 291-313 (1974)
- TISCHENDORF,F.V.: Rauchen und Verkehrssicherheit.
Suchtgefahren, 5, 16-29 (1959)
- TONG,J.E., G.LEIGH, J.CAMPBELL and D.SMITH: Tobacco Smoking, Personality and Sex Factors in Auditory Vigilance Performance.
Br. J. Psychol., 68, 365-370 (1977)
- TSUJIMOTO,A., T.NAKASHIMA, S.TANINO, T.DOHL and Y.KUROGOCHI: Tissue Distribution of 3H- Nicotine in Dogs and Rhesus Monkeys.
Toxicol. appl. Pharmac., 32, 21-31 (1975)

- U.S.DEPARIMENT OF HEALTH, EDUCATION, AND WELFARE (Ed): Smoking and Health. A report of the Surgeon General
DHEW Publication (1963 u. 1979)
- VAN PROOSDIJ, C.: Smoking. Its Influence on the Individual and its Role in Social Medicine.
Elsevier Publishing Company Amsterdam (1960), pp 319
- WALD, N., M.IDLE and A.BAILEY: Carboxyhaemoglobin Levels and Inhaling Habits in Cigarette Smokers.
Thorax, 33, 201-206 (1978)
- WESNES, K. and D.M.WARBURTON: The Effects of Cigarette Smoking and Nicotine Tablets upon Human Attention.
in: THORNTON, R.E. (Ed.): Smoking Behavior.
Churchill Livingstone, Edinburgh/London/New York (1978)
- WILLIAMS, D.G.: Effects of Cigarette Smoking on Immediate Memory and Performance in Different Kinds of Smoker.
Br. J. Psychol., 71, 83-90 (1980)
- WIRTH, W. und C.GLOXHUBER: Toxikologie.
3.Aufl., Thieme Verlag Stuttgart/New York (1981)
- WRIGHT, G., R.RANDELL and R.J.SHEPARD: Carbon Monoxide and Driving Skills.
Arch. Environ. Health, 27, 349-354 (1973)
- ZANNINI, M.R., A.CONTI and G.NEGRO: Sur l'action de la fumée de tabac sur les vaisseaux périphériques au cours des artériopathies et après interventions sur le sympathique.
Angiologie, 15, 29-41 (March/April, 1963)

Nur durch die freundliche Mithilfe vieler konnte diese Arbeit entstehen. Besonders danken möchte ich in diesem Zusammenhang

- Herrn Professor Dr. med. W. Müller-Limmroth für die Überlassung des Themas und die Erlaubnis, die Arbeit am Institut für Arbeitsphysiologie durchführen zu dürfen
- Herrn Dr. Ing. K. W. Müller für die tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit und für die statistische Auswertung
- Herrn Professor Dr. med. H. Schievelbein für die Bereitstellung des Instituts für Klinische Chemie am Herzzentrum München zur Untersuchung der Blutproben
- Herrn Dr. Ing. C. M. Reimer für seine Hilfsbereitschaft beim Einweisen in das Arbeiten mit dem Computer- Textsystem

LEBENS LAUF

Name: Gabriele Antoniette Sigl

geboren: 17.9.1955 in Niederhatzkofen bei Landshut

Vater: Michael Sigl

Mutter: Huberta Sigl, geb. Aigner

1961- 1965: Volksschule Hohenthann

1965- 1974: Gymnasium Seligenthal Landshut

1974- 1979: Studium der Biologie und Chemie an der
Universität Regensburg
Frühjahr 1979: Wissenschaftliche Prüfung

1978- 1984: Studium der Medizin an der Ludwig Maximilian-
Universität München
Frühjahr 1980: Physikum
Frühjahr 1981: 1. Staatsexamen
Frühjahr 1983: 2. Staatsexamen
Frühjahr 1984: 3. Staatsexamen

11.5.1984: Approbation als Arzt

seit 1.9.1984: ärztliche Tätigkeit am Kreiskrankenhaus
Landshut in der Abteilung für Innere Medizin

